

**DUE DATE SLIP****GOVT. COLLEGE, LIBRARY**

KOTA (Raj.)

Students can retain library books only for two weeks at the most.

BORROWER'S No.	DUE DATE	SIGNATURE

# भू-आकृति विज्ञान

( GEOMORPHOLOGY )

[ के० यन० भाल विज्ञान विशिष्ट पुरस्कार के अन्तर्गत ]

उत्तर प्रदेश सरकार द्वारा पुरस्कृत

लेखक

डॉ० सविन्द्र सिंह

एम० ए०, डी० फिल० (इलाहाबाद विश्वविद्यालय)

प्रोफेसर एवं अध्यक्ष, भूगोल विभाग,

इलाहाबाद विश्वविद्यालय, इलाहाबाद.



वसुन्धरा प्रकाशन

वाजदपुर, गोरखपुर

## - लेखक-परिचय

**जन्म**—10 जुलाई 1944 राजीपुर जनपद में। **शिक्षा**—प्राथमिक कक्षाओं में लेकर एम० ए० तक स्नातक प्रथम श्रेणी। पदक—दो रजत तथा एक स्वर्ण पदक बी० ए० तथा एम० ए० (भूगोल) में प्रथम स्थान प्राप्त होने के उपलक्ष्य में। **छात्रवृत्ति**—भारत सरकार की सर्वोच्च राष्ट्रीय छात्रवृत्ति। **नियुक्ति**—1965 में प्रवक्ता रविशंकर विश्वविद्यालय, रायपुर 1966 में प्रवक्ता एवं 1981 में रीडर, इलाहाबाद विश्वविद्यालय। **प्रकाशन**—दो पुस्तकें भू-आकृति विज्ञान तथा भौतिक भूगोल। सम्पादित—इन्वार्मेंटल मैनेजमेंट, पुस्तक—उत्तर प्रदेश सरकार द्वारा 1971 में बे० एन० भा० विज्ञान विशिष्ट पुरस्कार (2000 रु०) 'भू-आकृति विज्ञान' पर तथा पुनः यही पुरस्कार 1976 में 'भौतिक भूगोल' पर। **शोध**—1971 में शोध सुपरवाइजर। डी० फिल० थीसिस का विषय—रांची पठार की लघु प्रवाह बेसिन का भ्वाकृतिक अध्ययन। **विशिष्टीकरण**—क्वाण्टिटिव तथा जलिय एवं संरचनात्मक जियोमॉर्फोलॉजी। **शोधपत्र**—प्रकाशित 45 (1985 तक) अधिकांश शोधपत्र माफिमेट्री तथा प्रवाह बेसिन के विभिन्न पहलुओं में सम्बन्धित। शोध निर्देशन में स्वीकृत डॉक्टरेट थीसिस—(i) बेसन बेसिन का आकारमितीय अध्ययन (डॉ० रेनु श्रीवास्तव), (ii) पलामू उच्चभाग की लघु प्रवाह-बेसिन का आकारमितीय अध्ययन (डॉ० शिव सागर ओझा), (iii) द० पू० छोटा नागपुर पठार की लघु प्रवाह-बेसिन का भ्वाकृतिक अध्ययन (डॉ० देवी प्रसाद उपाध्याय) (iv) उपरी दामोदर बेसिन का आकारमितीय अध्ययन (कु० भारती पाल), (v) छारकाई बेसिन का आकारमितीय अध्ययन (डॉ० शिवराज मिह), (vi) छोटानागपुर पठार के पाट-प्रदेश का आकारमितीय अध्ययन (डॉ० विजयेन्द्र प्रताप मिह), (vii) रोहतास पठार की स्थलाकृति का आकारमितीय अध्ययन (डॉ० देवकी रंगानी), (viii) उत्तरी अरावली प्रदेश की लघु प्रवाह बेसिन का आकारमितीय अध्ययन (डॉ० सत्यदेव शर्मा), (ix) भाण्डेर पठार का भ्वाकृतिक अध्ययन (डॉ० राम गिरोमणि पाण्डेय) तथा (x) इलाहाबाद जनपद के ट्रान्स यमुना प्रदेश की पर्यावरणिकी भू-आकारिकी (अलोक दुबे, सबमिटेड)।

© सविन्द्र, सिंह, 1985

प्रथम आवृत्ति 1969

चतुर्थ संशोधित आवृत्ति 1982

पंचम संशोधित आवृत्ति, 1988

पुनर्मुद्रण 1994

पुनर्मुद्रण 1999

मूल्य रु० 160.00

प्रकाशक : चसुन्धरा प्रकाशन, दाउदपुर, गोरखपुर

मुद्रक : लोमत आफसेट प्रेस, 3428, गली बजरंग बली, चावडी बाजार, दिल्ली - 6

प्रारण पृष्ठ - द० पू० छोटानागपुर, पठार के इन्दीपोधर के पास, ग्रीनाइट टार का एक दृश्य

## पंचम संस्करण की भूमिका

आज से 16 वर्ष पूर्व भू-आकृति विज्ञान का प्रथम संस्करण प्रकाशित हुआ था। विगत चार संस्करणों में संशोधन, परिमार्जन तथा सम्बर्द्धन में लेखक सतत प्रयत्नशील रहा है जिस कारण पुस्तक का कलेवर सवरता गया। प्रस्तुत संस्करण में आद्योपान्त परिवर्तन तथा परिमार्जन किया गया है। स्पष्टरूपों के विकास के सिद्धान्तों को पहली बार एक स्वतंत्र अध्याय (द्वितीय) में प्रस्तुत किया गया है जिसमें अभिनव सिद्धान्तों की आलोचनात्मक व्याख्या की गई है। पृथ्वी की उत्पत्ति तथा पृथ्वी की आयु, दृढ़ भूखण्ड तथा भूसन्नति एवं भूकम्प से सम्बन्धित तीन अध्यायों को निरस्त कर दिया गया है (इन विषयों में सम्बन्धित विवरण लेखक की पुस्तक 'भौतिक भूगोल', प्रकाशक-वसुन्धरा प्रकाशन, गोरखपुर, से प्राप्त किये जा सकते हैं)। 'ज्वालामुखी-क्रिया तथा स्थलाकृति' अभिव्यक्ति नामक अध्याय को अभिनव साहित्य के आधार पर नये रूप में प्रस्तुत किया गया है। स्पष्टरूपों की व्याख्या के समय लेखक ने अपने शोध कार्यों के आधार पर अधिकाधिक भारतीय उदाहरण प्रस्तुत किया है। आज ही नहीं अपितु पूर्ण विश्वास है कि पुस्तक का यह पंचम संशोधित तथा परिमार्जित संस्करण विद्वत् समाज में विगत संस्करणों के समान ही लोक प्रिय होगा।

विजया दशमी,

सविन्द्र सिंह

बी 4, टीचर्स प्लैट्स

चैयम लाइन्स कैंपस,

इलाहाबाद विश्वविद्यालय, इलाहाबाद-201002

## द्वितीय संस्करण की भूमिका

'भू-आकृति विज्ञान' का द्वितीय संशोधित तथा परिमार्जित संस्करण विद्वत्समाज में प्रस्तुत करते हुए अपार हर्ष की अनुभूति हो रही है। भूगोल के जिज्ञासुओं ने जितने उत्साह व साथ लेखक की इस कृति को अंगीकृत किया है उससे निश्चय ही लेखक को अधिकाधिक बल मिला है। गमस्त भारत के हिन्दी प्रेमियों ने पुस्तक की मुक्त कण्ठ में सराहना करके लेखक के शैक्षिक मनोबल को उँचा उठाया है। विद्यार्थी समार में पुस्तक की लोकप्रियता का प्रमाण इस बात से मिल जाता है कि स्नातकोत्तर स्तर की पुस्तक होने पर भी मात्र दो वर्ष के अन्दर ही प्रथम संस्करण समाप्त हो गया तथा लेखक की पुस्तक की मवारने का सुअवसर शीघ्र ही मिल गया। विभिन्न विश्वविद्यालयों ने अपने एम० ए० के पाठ्यक्रम में 'भू-आकृति विज्ञान' को एक पाठ्य पुस्तक के रूप में सम्मिलित करके पुस्तक की उपादेयता को प्रमाणित किया है। उत्तर प्रदेश सरकार ने 'भू-आकृति विज्ञान' को हिन्दी जगत में विज्ञान की सर्वोत्तम पुस्तक निश्चित करके तथा लेखक को 'के० एन० भाल विज्ञान विनिष्ठ पुरस्कार' (2000 रूपय का नगद पुरस्कार) में अलङ्कृत करके इस कृति की उपादेयता को स्वीकृति प्रदान की है। लेखक ने पुस्तक के कलेवर को पूर्णतया परिमार्जित करने का भरसक प्रयास किया है। प्रारम्भ में 'विषय-प्रवेश' अध्याय के अन्तर्गत स्पष्टरूपों के अध्ययन की विधियाँ तथा 'आकारमिति' (मॉर्फोमेट्री) को सम्मिलित किया गया है। 'पठार', 'मैदान' तथा 'झील' अध्यायों को निरस्त कर दिया है क्योंकि पुस्तक का आकार बढ़ने लगे। परम्परागत 'अपरदन-चक्र' के सिद्धान्त के विरोध में प्रतिपादित अभिनव 'गतिक सतुलन सिद्धान्त' के समावेश द्वारा विषय को नूतन बना दिया गया है। 'दाल-विश्लेषण, अपरदन-सतह तथा कालानुक्रम अनाच्छादन' तथा 'परिहिमानी स्थलाकृति' आदि अध्यायों की पुस्तक में सम्मिलित करने अल्पताओं की इच्छा को पूरा करने का प्रयास किया गया है। कई विद्वानों द्वारा मुझपर गये 'प्रायद्वीपीय भारत का कालानुक्रम अनाच्छादन' के अभाव को पूर्ण करने का भरसक प्रयास किया गया है। लेखक ने पुस्तक में (मुख्य रूप से आकारमिति में) स्वकीय शोध-कार्य तथा अन्य भारतीय विद्वानों के शोध-कार्यों को सम्मिलित करने का प्रयास किया है। लेखक ने परिहिमानी स्पष्टरूपों को अनौनिक रूप से वर्गीकृत किया है। भू-आकारिकी के अध्येता इन अध्यायों से युक्त 'भू-आकृति विज्ञान' के द्वितीय संस्करण का और अधिक रुचि से अनुशीलन करेंगे।

गुरु प्रवर डॉ० आर० एन० तिवारी, एम० ए०, डी० लिट् का लेखक कृतज्ञ है, जिन्होंने लेखक को एम० ए में बेहतरीन ढंग से भू-आकारिकी पढ़ाकर इस विषय में अभिरुचि पैदा की तथा लेखक के प्रवृत्त हो जाने पर इस विषय को एम० ए० के विद्यार्थियों को पढ़ाने का भार सौंप कर और अध्ययन का सुअवसर प्रदान किया। लेखक ने आपके गूढ़ विचारों का पुस्तक में दृढस्व से समावेश किया है। अभिनव मित्र तथा सहयोगी श्री रामनगीना सिंह,



भूगोल विभाग, प्रयाग विश्वविद्यालय, जिन्होंने पुस्तक लिखने की मनाइ दी तथा प्रत्येक तरह का सहयोग सदा देते रहे, के प्रति आभार प्रदर्शित करना मात्र औपचारिकता ही होगी। घनिष्ठ मित्र तथा सहयोगी श्री रामचन्द्र तिवारी, जिन्होंने पुस्तक की प्रूफ रीडिंग में अपार सहयोग दिया, को भूल जाना भूल ही होगी। गुरु तथा सहयोगी डॉ० लेख-राज सिंह का भी लेखक हृदय से आभारी है, जिन्होंने पुस्तक में प्रयुक्त गणितीय परिकलन में पर्याप्त सहायता की है। विभागाध्यक्ष तथा गुरु डॉ० आर० एन० द्विवेदी, जो कि रचनात्मक कार्य के लिए प्रेरणा देते रहे हैं, के प्रति आभार प्रदर्शित करना लेखक अपना पुनीत कर्तव्य समझता है। प्रो० आर० पी० मिह, अध्यक्ष भूगोल विभाग, मगध विश्वविद्यालय, डॉ० जगदीश मिह, गोरखपुर विश्वविद्यालय पुस्तक की समीक्षा करके लेखक को अभूल्य सुझाव दिये हैं, का लेखक आभारी है।

होली, 1973

भूगोल विभाग, इलाहाबाद पुनिर्वसिटी

सचिन्द्र सिंह

## प्रथम संस्करण की भूमिका

राष्ट्र भाषा हिन्दी के सम्बर्द्धन हेतु लेखक का यह ग्रन्थ एक प्रयास मात्र है। विश्वविद्यालयों में बढ़ती शिक्षा की प्रगति तथा विद्यार्थियों के हिन्दी के प्रति अनुराग ने इस पुस्तक के लेखन के लिये प्रेरणा प्रदान की। देश के अधिकांश विश्वविद्यालयों में विद्यार्थियों ने उच्च कक्षाओं में हिन्दी को शिक्षा के माध्यम रूप में अंगीकृत किया है, परन्तु खेद का विषय है कि अब तक भूगोल के कुछ विषयों, खासकर भौतिक भूगोल पर हिन्दी भाषा में स्नातकोत्तर कक्षाओं के स्तर की पाठ्य तथा संदर्भ पुस्तकों (रेफरेंस बुक) का पूर्णतया अभाव है। भू-आकृति विज्ञान (ज्योमोर्फोलॉजी), जो कि भौतिक भूगोल की प्रधान शाखा है, हिन्दी माध्यम का स्नेहभाजन नहीं बन सका है। यह विषय प्रत्येक विश्वविद्यालय में स्नातक तथा स्नातकोत्तर कक्षाओं में अनिवार्य है। इन तथ्यों को ध्यान में रखकर लेखक ने इस विषय को हिन्दी भाषा में प्रस्तुत करने का प्रथम प्रयास किया है। विद्यार्थी जीवन तथा कई वर्षों के स्नातकोत्तर कक्षाओं के अध्यापन-काल के दौरान भू-आकृति विज्ञान को हिन्दी भाषा में एक पूर्ण तथा समर्थ ग्रन्थ के रूप में प्रस्तुत करने की ललक थी। विषय को प्रस्तुत रूप देने में कठिनाइयों की एक सरणियों से होकर गुजरना पड़ता है। सबसे बड़ी समस्या एक वैज्ञानिक विषय को हिन्दी के माध्यम से प्रस्तुत करने की थी। सामग्री अनेक ग्रन्थों, पत्र-पत्रिकाओं तथा जर्नल्स में बिखरी पड़ी थी। उनके चयन तथा प्रस्तुतीकरण की समस्या दीवार के समान खड़ी थी। लेखक ने स्वतन्त्र रूप में कई रूपों में बिखरे हुये तथ्यों को एकत्रित करके उन्हें नवीन रूप देने में संकोच नहीं किया है। लेखक को यह सहर्ष स्वीकार्य है कि अनेक ग्रन्थों तथा जर्नल्स से विषय का समावेश इस पुस्तक में किया गया है, परन्तु लेखक ने उन सभी सूचनाओं तथा विवरणों को नये ढंग से प्रस्तुत करने का प्रयास किया है। विषय को आयो-पान्त सरल तथा रोचक बनाने रखने का हर सम्भव प्रयास किया गया है। विषय का विश्लेषण सुस्पष्ट, रोचक तथा सरल रूप में किया गया है। टेक्निकल शब्दों के पारिभाषिक शब्दों का चयन भारतीय केन्द्रीय सरकार द्वारा प्रकाशित "साइन्स ग्लोसरी" से किया गया है। स्पष्टता, सरलता तथा सुविधा के लिये पारिभाषित शब्दों के साथ उनके आगत भाषा के पर्यायवाची शब्दों को भी कोष्ठक में आयोपान्त दिया गया है। किसी भी विषय का प्रस्तुतीकरण सरल ढंग से किया गया है, इस सिलसिले में विषय सम्बन्धी कुछ पुनरावृत्ति अवश्य हो गई है। स्थलरूपों के अध्ययन पर विशेष ध्यान दिया गया है। विशेषकर स्थलरूपों के वर्गीकरण, उनकी उत्पत्ति तथा उससे सम्बन्धित परिकल्पनाओं तथा सिद्धान्तों की आलोचनात्मक व्याख्या बड़े पैमाने पर की गई है। अध्ययन की सुविधा के लिये पुस्तक को तीन खण्डों में विभक्त किया गया है। विशेष अध्ययन के लिये पुस्तक के अन्त में एक विस्तृत सन्दर्भ ग्रन्थ-सूची प्रस्तुत की गई है। विषय की सुबोध तथा ग्राह्य बनाने के लिये सरल रेखा-चित्रों, ब्लॉक डायग्राम, पारदर्शित्रों तथा मानचित्रों का प्रयोग किया गया है। यथासम्भव भारतीय उदाहरणों द्वारा विषय का स्पष्टीकरण किया गया है।

लेखक उन समस्त विद्वानों का आभारी है, जिनकी रचनाओं से प्रत्यक्ष अथवा अप्रत्यक्ष रूप में इस पुस्तक के प्रस्तुतीकरण में सहायता मिली है। आशा ही नहीं पूर्ण विश्वास है कि विश्वविद्यालय स्तर के अध्यापक इस पुस्तक में लाभान्वित होंगे। हो सकता है, पुस्तक में गूढ़ तथा विषय-सम्बन्धी कुछ गलतियाँ रह गई हों, क्योंकि विद्यार्थियों की माँग पर प्रकाशन भीघ करना पड़ा है। पूर्ण विश्वास है कि सहृदय पाठक पुस्तक के कमजोर स्थलों को न केवल इंगित करेंगे, अपितु निष्पक्ष भाव से अपने सुझावों को प्रेषित करने का कष्ट करेंगे। अगली आवृत्ति में उन सुझावों पर पूर्ण ध्यान दिया जायेगा।

कन्नाटक्की, 1969

भूगोल विभाग, इलाहाबाद पुनिर्वसिटी

सचिन्द्र सिंह

# विषय-सूची

अध्याय 1 : परिभाषा, विषय-क्षेत्र, भ्वाकृतिक इतिहास तथा अध्ययन की विधियाँ	पृष्ठ-संख्या 1-31
भू-आकृति विज्ञान की परिभाषा तथा तात्पर्य, भू-आकृति विज्ञान का क्षेत्र तथा विषय-सामग्री, भ्वाकृतिक विचारों के इतिहास, स्थलरूपों के अध्ययन की विधियाँ।	
अध्याय 2 : स्थलरूपों के विकास के सिद्धान्त	32-75
सर्वमान्य सिद्धान्त का अभाव, भ्वाकृतिक सिद्धान्त का महत्व तथा उद्देश्य, भ्वाकृतिक इतिहास : ऐतिहासिक परिवेश भ्वाकृतिक सिद्धान्त के आधार, गिलबर्ट का भ्वाकृतिक सिद्धान्त, डेविस का भ्वाकृतिक मॉडल, पेंक का भ्वाकृतिक मॉडल, यल० सी० किंग का भ्वाकृतिक सिद्धान्त, हेक का भ्वाकृतिक मॉडल, डेविस, पेंक तथा हेक के प्रतिरूपों (मॉडल) की अनुरूपता, पाभाक्विस्ट का ममिश्र मॉडल, मोरिसावा का विवर्तन-भ्वाकृतिक मॉडल, शूम का खण्डकारीक अपरदन सिद्धान्त तथा भ्वाकृतिक सिद्धान्त. भारतीय परिवेश।	
अध्याय 3 : भ्वाकृतिक संकल्पनाएँ	76-98
अध्याय 4 : जलवायु भू-आकारिकी तथा आकार जनक प्रदेश	99-113
अध्याय 5 : आकारमिति	114-163
उच्चावच आकारमिति क्षेत्र ऊँचाई वक्र, उच्चतादर्शी वक्र, प्रतिशत उच्चतादर्शी वक्र, प्रक्षेपित एवं वास्तविक क्षेत्रफल, भूचक्रांक घर्षण प्रवणतादर्शी वक्र, मुहता मिति : स्थानिक ऊँचाई की बारम्बारता, प्रिड विधि शिखर-तल की बारम्बारता स्कन्ध शिखर तथा कॉल की बारम्बारता, परिच्छेदिका अध्यारोपित, संयुक्त, प्रक्षेपित एवं पुनर्रचित परिच्छेदिका, जलीय आकारमिति—प्रवाह बेसिन एक भ्वाकृति इकाई—प्रवाह बेसिन, प्रवाह बेसिन जलीय चक्र, रेखीय पहलू, क्षेत्रीय पहलू, उच्चावच पहलू।	
अध्याय 6 : पृथ्वी की आन्तरिक संरचना	164-177
सामान्य परिचय, भूगर्भ के विषय में विवरण देने वाले साधन—अभ्राकृतिक माधन, पृथ्वी की उत्पत्ति सम्बन्धी सिद्धान्तों के माध्य तथा प्राकृतिक साधन—ज्वालामुखी-क्रिया एवं भूकम्प-विज्ञान के साक्ष्य, पृथ्वी का रसायनिक मण्डल एवं विभिन्न आवरण (स्वैस के अनुसार), पृथ्वी की विभिन्न परतों की मोटाई तथा गहराई—1 डाली का मत, 2 जेफरी का मत, 3. होम्स का मत तथा 4 बान डर ग्राट का मत और पृथ्वी के सामान्य मण्डल।	
अध्याय 7 : महाद्वीप एवं महासागरो की उत्पत्ति	178-197
सामान्य परिचय, लाई वेलविन का मत, लैपबर्थ एवं लव की परिकल्पना, चतुष्कटक परिकल्पना, ग्रेगरी द्वारा चतुष्फल परिकल्पना की पुष्टि, एडवर्ड स्वेस का सिद्धान्त, टेलर की महाद्वीपीय परिकल्पना, वेगनर का महाद्वीपीय प्रवाह (विस्थापन) सिद्धान्त—सिद्धान्त का उद्देश्य, सिद्धान्त का प्रधान रूप, पक्ष में प्रमाण, सिद्धान्त की प्रक्रिया—प्रवाह सम्बन्धी शक्ति, महाद्वीपों का वास्तविक प्रवाह तथा जल एवं स्थल के वर्तमान रूप, पर्वतों का निर्माण, समुद्र द्वीपीय चाप की उत्पत्ति, कार्बोनिफेरम हिमानीकरण का स्पष्टीकरण, ग्लेसोप्यटरीय वनस्पति के वितरण का स्पष्टीकरण तथा सिद्धान्त का मूल्यांकन, उपसह्यार, महाद्वीपों एवं महासागरो का स्थायित्व, महाद्वीपों एवं महासागरो के दायित्व के समर्थक तथा आलोचक।	
अध्याय 8 : प्लेट विवर्तनिकी	198-224
सामान्य परिचय, प्लेट विवर्तनिकी के माध्य—पुराबुम्बकत्व, भूबुम्बकीय क्षेत्र का स्रोत, अवशिष्ट बुम्बकत्व, बुम्बकीय पुनर्रचना, सागर निल ना प्रसरण, प्लेट विवर्तन सिद्धान्त-प्लेट किनारे, प्लेट-गति, प्लेट में गति के कारण, प्लेट टेक्टानिक्स तथा महाद्वीपीय विस्थापन, प्लेट टेक्टानिक्स तथा पर्वत-निर्माण, प्लेट टेक्टानिक्स एवं ज्वालामुखी-क्रिया तथा अन्तः प्लेट संचलन।	
अध्याय 9 : संतुलन का सिद्धान्त	225-232
संतुलन का तात्पर्य, संतुलन के सिद्धान्त की खोज, सर जार्ज एयर्री का मत, ग्राट का मत, हेफोर्ड एवं बोवी के मत, जोली का मत, आर्थर होम्स का मत तथा भूतल पर संतुलन की व्यवस्था।	

## अध्याय 10 भूपटल को प्रभावित करने वाले बल

233-249

सामान्य परिचय, परिवर्तनकारी बलों का वर्गीकरण, अन्तर्जात बल—आकस्मिक संचलन, पटलविरूपणी संचलन-महादशीय संचलन (उपरिमुखी संचलन तथा अधोमुखी संचलन) पर्वतीय संचलन (भूपटल बंकन या मुड़ाव—संचलन, (उत्सवसन, अवमवलन, बृहद संचलन), बलन तथा बलन के प्रकार, धीमाखण्ड या नापे, भूपटल विभग (भ्रम भ्रम का वर्गीकरण तथा रिफ्ट घाटी—रिफ्ट घाटी के निर्माण के सिद्धान्त), बहिर्जात बल—अपक्षय तथा अपरदन।

## अध्याय 11 ज्वालामुखी-क्रिया तथा स्थलाकृतिक अभिव्यक्ति

250-282

ज्वालामुखी क्रिया तथा उसके उपाग, ज्वालामुखी से निस्तृत पदार्थ, ज्वालामुखी उद्गार के प्रकार, ज्वालामुखी क्रिया का विश्व वितरण, ज्वालामुखी उद्गार की प्रक्रिया तथा कारण, ज्वालामुखी क्रिया द्वारा निर्मित स्थलाकृति, गड्ढा तथा धुंवाँरे।

## अध्याय 12 पर्वत-निर्माण के सिद्धान्त

283-337

सामान्य परिचय, कोबर का पर्वत-निर्माण, भूसतति सिद्धान्त, जेफीज का तपीय संकुचन सिद्धान्त, डाली का खिसकते महाद्वीप का सिद्धान्त, व्रीडम का सबाहन तरंग सिद्धान्त, मोली का रेडियो एक्टिव सिद्धान्त तथा दीप तरंग (रचना एवं उत्पत्ति)।

## अध्याय 13 अपक्षय तथा सामूहिक स्थानान्तरण

338-356

परिभाषा तथा तात्पर्य, अपक्षय को नियंत्रित करने वाले कारक, अपक्षय के कारक, अपक्षय के प्रकार—गति अपक्षय, रासायनिक अपक्षय, तथा प्राणि-वर्गीय अपक्षय, चट्टान-चूर्ण का सामूहिक स्थानान्तरण, सामूहिक स्थानान्तरण का वर्गीकरण, भूमि-सर्पण, भूमि-स्खलन तथा पेंकवाह और अपक्षय का भ्वाकृतिक महत्त्व।

## अध्याय 14 अपरदन-चक्र की सकल्पना तथा गतिक समुलन-सिद्धान्त

357-387

अपरदन, अपरदन के कारक, अपरदन के सामान्य रूप, अपरदन-चक्र, उत्थान एवं अपरदन-चक्र, अपरदन-कार्य का परिमाण डेविज की विचारधारा, पेन्क की विचारधारा, डेविज तथा पेन्क के विचारों की तुलना, अपरदन चक्र की बाधाएँ तथा नवोन्मेष, नवोन्मेष द्वारा उत्पन्न स्थलाकृति, गतिक समुलन सिद्धान्त। अपरदन-चक्र की अवस्थाओं के आकारमिक्तिक निर्धारक।

## अध्याय 15 समप्राय मैदान

388-395

सामान्य परिचय, समप्राय मैदान की सामान्य विशेषताएँ, समप्राय मैदान के प्रकार, स्थानीय पेनीप्लेन, प्रादेशिक पेनीप्लेन, उत्थित पेनीप्लेन, पुनर्जीवित पेनीप्लेन तथा आशिक पेनीप्लेन, पेनीप्लेन-विचारधारा की आलोचना और क्रिकमे का सशोधन।

## अध्याय 16 अपरदन-सतह तथा अनाच्छादन कालानुक्रम

396-416

सामान्य परिचय, अपरदन-सतह की पहचान, अपरदन-सतह का सह-सम्बन्ध तथा तिथिकरण, छोटा नागपुर उच्चभूमि का अपरदन-सतह, प्रायद्वीपीय भारत का कालानुक्रम अनाच्छादन तथा स्थलाकृति चक्र, बेलन बेसिन का अनाच्छादन कालानुक्रम तथा अपरदन सतह, रॉची गठार का अनाच्छादन कालानुक्रम तथा अपरदन सतह।

## अध्याय 17 ढाल-विश्लेषण

417-445

सामान्य परिचय, वर्गीकरण, ढाल के तत्त्व, ढालों की समस्या—ढाल विकास उपगमन तथा प्रक्रम रूप उपगमन, ढाल और प्रक्रम (एकल प्रक्रम सकल्पना, बहुल प्रक्रम सकल्पना) ढाल विकास (डेविज का ढाल-पतन सिद्धान्त, पेन्क की ढाल प्रतिस्थापना परिकल्पना, उड की सकल्पना, क्रिप का पहाड़ी ढाल चक्र सिद्धान्त, मैविजीयर की सकल्पना, स्ट्रानर की सकल्पना)।

## अध्याय 18 : प्रवाह-प्रणाली का विकास

446-476

सामान्य परिचय, बाही जल एवं बलधारा, जलधाराओं की स्थिति एवं प्रवाह-प्रणाली में विभिन्नता, प्रवाह प्रणाली के प्रकार—आलीनुभा प्रवाह-प्रणाली, पाटपाकार प्रवाह-प्रणाली, आयताकार प्रवाह-प्रणाली, पूर्ववर्ती प्रवाह-

प्रणाली, पूर्वापेक्षित प्रवाह-प्रणाली, अपवेन्दी प्रवाह-प्रणाली, अभिकेन्द्री प्रवाह-प्रणाली, वलयाकार प्रवाह-प्रणाली, कंटकीय प्रवाह-प्रणाली, अनिश्चित प्रवाह-प्रणाली, आन्तराधिक प्रवाह-प्रणाली, भूमिगत प्रवाह-प्रणाली, सरिता-अपहरण तथा उससे विभिन्न रूप, हिमालय की प्रवाह-प्रणाली तथा अल्पेशियन क्षेत्र में प्रवाह-प्रणाली के विकास का इतिहास ।

अध्याय 19 : नदी घाटी का विकास

477-494

सामान्य परिचय, घाटी-विकास के सामान्य रूप, घाटी का गहरा होना, घाटी का चौड़ा होना, घाटी का लम्बा होना, घाटियों का वर्गीकरण, अनुदैर्घ्य परिच्छेदिका-प्रवर्णित या क्रमबद्ध चक्र साम्यावस्था या सतुलित परिच्छेदिका, नदी मार्ग की क्रमबद्धता, क्रमबद्ध चक्र की प्राप्ति तथा सतुलित परिच्छेदिका तथा क्रमबद्ध चक्र में निरुन्धता के कारण तथा पुनर्समायोजन ।

अध्याय 20 : जलीय स्थलाकृति (नदी के कार्य तथा स्थलाकृति)

495-532

सामान्य परिचय, अपरदन का कार्य, नदी-अपरदन का सिद्धान्त, नदी-अपरदन के रूप, नदी-अपरदन की सीमा (आधार तल), नदी का परिवहन कार्य, अपरदन द्वारा उत्पन्न स्थलरूप, अपेक्षा के बी आकार की घाटी, मार्ग तथा कैनिन, जल-प्राप्त तथा सिंचिका, जलगतिका, सरचनात्मक सोंपान, नदी वेदिका, नदी विसर्प, नदी का निक्षेपात्मक कार्य विशेष द्वारा उत्पन्न स्थलरूप—जलोढ़ शंकु तथा पथ, तटवर्त्य नदी डेल्टा ।

अध्याय 21 : जलीय अपरदन-चक्र

533-545

अपरदन का सामान्य चक्र—संरचनावस्था, प्रौढावस्था तथा जीर्णवस्था, वलित पर्वत पर नदीय प्रवाहक चक्र, उच्चावच प्रतिनोमन तथा गुम्बदाकार पर्वत पर नदीय अपरदन-चक्र ।

अध्याय 22 : भूमिगत जल तथा कार्स्ट स्थलाकृति

546-571

भूमिगत जल का तात्पर्य, भूमिगत जल के स्रोत—जल का संचयन तथा भ्रम-जलस्तर, भूमिगत जल के कार्य—अपरदनात्मक कार्य, परिवहन-कार्य, निक्षेपात्मक कार्य, भूमिगत जल द्वारा उत्पन्न स्थलाकृति, कार्स्ट स्थलाकृति, कार्स्ट क्षेत्र ।

अध्याय 23 : तटीय भू-आकारिकी (सागरीय जल का कार्य तथा तटीय दृश्यावली)

572-597

सामान्य परिचय, सागरीय तट तथा किनारा, सागरीय अपरदन, सागरीय अपरदन को प्रभावित करने वाली दशाएँ, अपरदनात्मक स्थलाकृति—तरंग-अपरदित तट-रेखा, तटीय किनार, तटीय कन्दरा, अण्डाकार कटान तथा लघुनिवेशिका, तरंग-घटित वेदी, परिवहन कार्य, तट परिच्छेदिका तथा साम्यावस्था की परिच्छेदिका, निक्षेपात्मक स्थलाकृति—पुलिन, कस्प पुलिन, रोशिका तथा रोच, स्पिट, हुक, लूप या छल्ला, सद्योजका रोशिका, तट तथा किनारे का वर्गीकरण—जासन का वर्गीकरण, शेषडं का वर्गीकरण, सागरीय किनारे का विकास तथा अपरदन-चक्र, जलमग्न किनारे पर अपरदन चक्र तथा समुद्र किनारे पर अपरदन-चक्र ।

अध्याय 24 : महास्थलीय स्थलाकृति (पवन का कार्य तथा उत्पन्न स्थलाकृति)

598-630

सामान्य परिचय, पवन का कार्य—अपरदनात्मक कार्य, पवन-अपरदन को प्रभावित करने वाली दशाएँ, अपरदनात्मक स्थलरूप—गोण स्थलरूप, मुख्य स्थलरूप—वातमर्त, इन्गेलबर्ग, छत्रक शिला, जूवेन, यारडग, ड्राइकनटर, जालीदार शिला तथा पुल, परिवहन-कार्य, निक्षेपण कार्य—तरंग चित्र, बालुकास्तूप—बालुकास्तूपों का बनना, बालुकास्तूपों का पलायन, बालुकास्तूपों के विभिन्न रूप, स्तूपों का वर्गीकरण, स्तूप-चक्र तथा लोपस, शुष्क प्रदेशों में अपरदन-चक्र, शुष्क महास्थलों के विशिष्ट स्थलरूप—बैटलैण्ड स्थलाकृति, प्लेया, बाजाडा तथा पेडीमेण्ट—पेडीमेण्ट के निर्माण सम्बन्धी सिद्धान्त—जासन का सिद्धान्त, चादरी बाढ़-सिद्धान्त, सैलिज अपरदन-सिद्धान्त, कम्पो-जिट सिद्धान्त, सवाना अपरदन-चक्र ।

अध्याय 25 : हिमनद के कार्य तथा हिमानीकृत स्थलाकृति

631-666

सामान्य परिचय, हिमनद के प्रकार, हिमालय पर्वत के हिमनद, हिमनदों का गतिशील होना, हिमनदों में गति के कारण, हिमनद का अपरदनात्मक कार्य, अपरदन के सामान्य रूप, हिमनद-अपरदन के सिद्धान्त, घाटी हिमनद के अपरदनात्मक स्थलरूप—यू आकार की घाटी, लटकती घाटी, सॉक तथा उसके निर्माण के सिद्धान्त, शरित, टांग

हानं, रॉशमुटोन, हिमसोपान, फियोर्ड, परिवहन तथा निक्षेपात्मक कार्य निक्षेप-जनित स्थलरूप—हिमोढ़ (हिमोढ़ के प्रकार), ड्रमलिन, हिमानी-जलोढ़ निक्षेप तथा स्थलरूप-एस्कर, केम, केटिल, हिमनद अपक्षेप, हिमनदीय भ्वाकृतिक चक्र, हिमकाल के कारण, प्लीस्टोसीन हिमकाल तथा हिमानीकरण प्लीस्टोसीन हिमानीकरण का स्थलाकृति पर प्रभाव, उत्तरी अमेरिका का हिमानीकरण तथा ग्रेटलेक्स का आविर्भाव एवं विकास ।

#### अध्याय 26 : परिहिमानी स्थलाकृति

667-691

सामान्य परिचय, परिहिमानी जलवायु, परिहिमानी क्षेत्र, परमाफास्ट क्षेत्र (गहराई प्रकार, वितरण, उत्पत्ति), सक्रिय सतह, परमाफास्ट के हिम रूप, परिहिमानी प्रक्रम (तुपार अपक्षय काँजेलीफैशन, तुपार-उत्प्रेषण, मृदामर्पण—कँजेलीपलवशन, निवेशन, सरिता का कार्य, पवन का कार्य), परिहिमानी स्थलरूपों का वर्गीकरण, अन्त-वर्जन, सतृण गिरिका, पिन्गो, थर्मोकास्ट, पैटर्न भूतल, प्रस्तर हिमानी, ब्लाक फील्ड्स, स्तर सरिता, तुंग सपाटीकृत वेदिका, टास, निवेशन कोटर, परिहिमानी पाटियाँ, परिहिमानी अपरदन-चक्र ।

#### अध्याय 27 : प्रादेशिक भू-आकारिकी

692-706

बेसन बेसिन, निचली सोन घाटी, निचली चम्बल घाटी, गिरनार पहाड़ी प्रदेश, कुमायूँ-हिमाचल प्रदेश तथा राची पठार ।

#### अध्याय 28 : व्यावहारिक भू-आकारिकी

707-712

सामान्य परिचय, प्रादेशिक नियोजन में भू-आकारिकी का प्रयोग, इंजिनीयरी परियोजना में प्रयोग, खनिज संपादन के निर्धारण एवं विदोहन में प्रयोग ।

सन्दर्भ-ग्रन्थसूची

## परिभाषा, विषय-क्षेत्र, भ्वाकृतिक इतिहास तथा अध्ययन की विधियाँ

भू-आकृति विज्ञान की परिभाषा तथा तात्पर्य

भौतिक भूगोल, भूतल के विज्ञान स्वरूप भूगोल को दो प्रमुख शाखाओं में से एक प्रमुख शाखा है जिसका अध्ययन भूगोल के केन्द्र को प्रदर्शित करता है। यद्यपि सम्प्रति भूगोल की द्वितीय शाखा अर्थात् मानव-भूगोल पर कहीं-कहीं अधिका बल दिया जा रहा है तथापि भौतिक भूगोल का महत्व इस समय भी अक्षुण्ण है क्योंकि भूगोल की किसी भी अन्य शाखा के अध्ययन के लिये इसका प्रारम्भिक ज्ञान आवश्यक हो जाता है। भौतिक भूगोल का क्षेत्र अत्यन्त व्यापक है। इस विषय के अन्तर्गत स्थलमण्डल, जलमण्डल तथा वायुमण्डल के व्यवस्थित और क्रमबद्ध अध्ययन को सम्मिलित किया जाता है। भौतिक भूगोल को प्रदर्शित करने के लिए आणवभाषा को "Physical Geography" शब्दावलि का प्रयोग किया जाता है। प्रस्तुत विषय अर्थात् "भू-आकृति विज्ञान" इसी भौतिक भूगोल की एक महत्वपूर्ण शाखा है जिसके अन्तर्गत स्थलमण्डल का अध्ययन किया जाता है। इससे पहले कि भू-आकृति विज्ञान का स्पष्टीकरण किया जाय, भौतिक भूगोल का स्पष्टीकरण कर देना अधिक समीचीन जान पड़ता है। भौतिक भूगोल वह विज्ञान है जिसमें भौतिक वातावरण का अध्ययन किया जाता है। आर्थर होम्स के अनुसार "भौतिक वातावरण का अध्ययन ही भौतिक भूगोल है जो कि ग्लोब के धरातलीय उच्चावच (भू-आकृति-विज्ञान), सागर तथा महासागरी (सागर-विज्ञान) तथा पवन (जलवायु-विज्ञान) के विवरणों का अध्ययन करता है।" इस तरह यह स्पष्ट हो गया है कि भौतिक भूगोल पृथ्वी-मण्डली आवरण-स्थलमण्डल, जलमण्डल तथा वायुमण्डल के विभिन्न रूपों का अध्ययन करता है। स्ट्रालर महोदय ने बताया है कि

"भौतिक भूगोल सामान्य रूप में कई भू-विज्ञानों का अध्ययन एवं समन्वय है, जो कि मानवीय वातावरण पर सामान्य रूप में प्रकाश डालते हैं।" भौतिक भूगोल, भू-विज्ञानों के आधारभूत सिद्धान्तों का विषय है। स्थलमण्डल, जलमण्डल एवं वायुमण्डल के अध्ययन के अलावा भौतिक भूगोल के अन्तर्गत 'ज्योडेसी' (Geodesy), खगोल विज्ञान (Astronomy), अन्तरिक्ष विज्ञान (Meteorology), मानचित्र विज्ञान (Cartography), जीव विज्ञान (Zoology), भूगर्भशास्त्र (Geology) तथा वनस्पति भूगोल (Plant Geography) के सामान्य रूपों का भी अध्ययन सम्मिलित किया जाता है परन्तु इनका अध्ययन उसी सीमा तक होता है जहाँ तक उनका पारस्परिक भौतिक वातावरण तथा मानव से होता है।

भौतिक भूगोल के प्रमुख तीन तत्वों के अध्ययन करने वाले विषय को अलग-अलग विज्ञान (स्थलमण्डल-भू-आकृति विज्ञान, सागर तथा महासागर-समुद्र विज्ञान तथा वायुमण्डल-जलवायु विज्ञान) के नाम से सम्बोधित किया जाता है। भू-आकृति विज्ञान एक मजीब तथा व्यापक विषय है जिसके अन्तर्गत स्थलमण्डल के दूसरे भागों का अध्ययन किया जाता है। वास्तव में इस विज्ञान (भू-आकृति विज्ञान) के अन्तर्गत स्थलरूपों का ही अध्ययन किया जाता है। इसी आधार पर प्रायः यह कहा जाता है कि— "भू-आकृति विज्ञान स्थलरूपों का विज्ञान है"। भू-आकृति विज्ञान अर्थात् 'ज्यामोर्फालॉजी' (Geomorphology) का जिन्याम प्रीक भाषा के 'gê' (पृथ्वी- earth), 'morphi' (रूप- form) तथा 'logos' (वर्णन- discourse) शब्दों से हुआ है। यदि शाब्दिक अर्थ पर दृष्टिपात किया जाय तो भू-आकृति विज्ञान मात्र स्थलरूपों का ही अध्ययन ठहरता है परन्तु इस विज्ञान

1. The study of physical environment by itself is physical geography, which includes consideration of the surface relief of the globe [Geomorphology], of the seas and the oceans [Oceanography], and of the air [Meteorology and climatology]. —Arthur Holmes
2. "... physical geography is simply the study and unification of a number of earth sciences which give us a general insight into the nature of man's environment. Not in itself a distinct branch of science, physical geography is a body of basic principles of earth science selected with a view to include primarily the environmental influences that vary from place to place over the earth's surface."—Strahler, A. N., Physical Geography John Wiley & Sons, Inc., New York and London, 1960, pp. 1-2.

का इस सचुचिन मोमा मे ऊपर उठाना होया। जर्थात् यह बता जा सकता है कि भू-आकृति विज्ञान न केवल स्थलरूपों का अध्ययन करता है अपितु भूपटन में विभिन्न रूपों का भी अध्ययन करता है। उपर्युक्त आधार पर भू-आकृति विज्ञान की एक परिभाषा प्रस्तुत की जा सकती है— भू-आकृति विज्ञान वह विज्ञान है जो कि स्थलमण्डल के विभिन्न उच्चावचों का अध्ययन करता है। —“Geomorphology studies various relief features of lithosphere” इस विज्ञान के अन्तर्गत सामान्य स्थलरूपों जैसे—घाटियाँ, गार्जे, प्रपात, कन्दराये, बाबुका स्तूप, सर्व, रोधिका, पुलिन, क्लिफ आदि के अलावा भूपटल के प्रमुख उच्चावचों जैसे— महाद्वीप, महासागर-नितल पर्वत, पठार, मैदान, झील आदि बड़ी इकाइयों को भी समाविष्ट किया जाता है। मवाल उठता है, इस विज्ञान के अन्तर्गत स्थलरूपों के अध्ययन को ही प्राथमिकता रखी जाती है? हन अमान है। स्थलरूपों का निर्माण मानव-दुग के मामले होता है। मानव या तो उनका प्रत्यक्ष रूप में अवलोकन कर लेता है या अनुभवों के आधार पर उनका आभास पा लेता है। यही कारण है कि स्थलरूपों का अध्ययन अत्यधिक दिलचस्प होता है। इसके विपरीत महाद्वीप, महासागर-नितल, पर्वत, पठार आदि का आविर्भाव, निर्माण विकास एवं विरूपण मन्द गति में दीर्घकाल में सम्पादित हो पाता है। इन क्रियाओं का प्रत्यक्ष अवलोकन नहीं हो पाता है।

वारमस्टर महोदय ने भी भू-आकृति विज्ञान को स्थलरूपों का ही विज्ञान बताया है परन्तु इस सचुचित परिभाषा में स्वयं अमनुष्ट होकर इन्होंने इसके क्षेत्र को विस्तृत करना ही श्रेयस्कर समझा है। वारमस्टर के अनुसार “भू-आकृति विज्ञान पृथ्वी के उच्चावचों का व्याख्यात्मक वर्णन है” — “Geomorphology is the interpretative description of the relief

features” <sup>1</sup> भू-आकृति विज्ञान वह विज्ञान है जो कि भूपटल के विभिन्न रूप, उनकी उत्पत्ति तथा इतिहास एवं विकास की व्याख्या करता है। इस प्रकार उच्चावचों के रूप, उत्पत्ति तथा विकास के इतिहास को समझने के लिए भूपटन की संरचना (चट्टान) तथा उम्र पर परिवर्तन लाने वाले आन्तरिक (ज्वालामुखी-क्रिया, पटन विरूपणी बल आदि) तथा बाह्य बलों (अपक्षय तथा अपरदन) आदि प्रक्रियाओं का अध्ययन भी आवश्यक हो जाता है।

प्रोफेसर थानबरी के अनुसार “भू-आकृति विज्ञान स्थलरूपों का विज्ञान है परन्तु इसमें अन्तःसागरीय रूपों (Submarine forms) को भी सम्मिलित किया जाता है।” <sup>2</sup> इस तरह भू-आकृति विज्ञान स्थलरूपों के अध्ययन में बढ़कर है क्योंकि इसके अन्तर्गत यदि महासागर-नितल, महाद्वीप, पर्वत आदि का अध्ययन किया जाता है तो छोटे-छोटे रचनात्मक स्थलरूपों (पर्वत, पठार, मैदान आदि) का भी अध्ययन किया जाता है। भू-आकृति विज्ञान के अन्तर्गत इन्हीं प्रमुख उच्चावचों पर निर्मित तथा विकसित स्थलरूपों को अधिक महत्त्व प्रदान किया जाता है।

स्ट्रालर महोदय <sup>3</sup> के अनुसार “भू-आकृति विज्ञान सभी प्रकार के स्थलरूपों की उत्पत्ति तथा उनके व्यवस्थित एवं क्रमबद्ध विकास की व्याख्या करता है तथा यह भौतिक भूगोल का एक प्रमुख अंग है।” मानव के लिए भूपटल की रचनाकृतियों तथा स्थलरूपों का सर्वाधिक महत्त्व होता है क्योंकि यातायात के माध्यम, नगर की स्थिति तथा कृषिभूमि, प्रत्यक्ष रूप से इन स्थलरूपों से प्रभावित होती है।

ज्योमोर्फोलॉजी तथा फिजिओग्रेफी - ज्योमोर्फोलॉजी (Geomorphology) तथा फिजिओग्रेफी (Physiography) में अन्तर स्थापित करना आवश्यक है। अनेक

- 1 Worcester, P. G., A Textbook of Geomorphology, D Van Nostrand Co., Inc 1949 pp 3-4.
- 2 Generally, it is thought of as “the science of land forms” and it will be so used, although we shall extend it to include submarine forms. So defined, it is considerably more comprehensive than the science of land forms such as the ocean basins and continental plateforms as well as lesser structural forms such as mountains, plains and plateaus. Thornbury W D, Principles of Geomorphology. John Wiley & Sons, Inc 1954, p. 1.  
The science of geomorphology treats the origin and systematic development of all types of land forms and is a major part of physical geography.”
- 3 Strabler, A N, Physical Geography, John Wiley & Sons, Inc 1960, p 2.

विद्वानों द्वारा दोनों शब्दावलिओं का प्रयोग समान अर्थों में किया जाता है। हिन्दी भाषा में भी दोनों शब्दावलियों के लिए 'भू-आकृति विज्ञान' शब्द<sup>1</sup> का ही प्रयोग किया जाता है। यूरोप के अधिकांश देशों में फिजिओग्रेफी का प्रयोग व्यापक अर्थों में किया जाता है। इस विज्ञान के अन्तर्गत स्थलमण्डल, वायुमण्डल तथा जलमण्डल के अध्ययनों का समावेश किया जाता है। जलवायु-विज्ञान (वायुमण्डल) तथा सागर-विज्ञान (जलमण्डल में सम्बन्धित) के स्वतन्त्र रूप में विकसित हो जाने पर फिजिओग्रेफी नामावली अत्यधिक संकुचित हो गई है तथा इसका प्रयोग केवल स्थलरूपों के अध्ययन (स्थल-मण्डल, ज्योमाफॉर्माजी) के लिए किया जाने लगा है। इस तरह यदि 'फिजिओग्रेफी' का प्रयोग मौलिक तथा व्यापक रूप में किया जाता है तो निश्चय ही ज्योमाफॉर्माजी, फिजिओग्रेफी के तीन प्रमुख अंगों (भू-आकृति विज्ञान, सागर विज्ञान तथा जलवायु-विज्ञान) में से एक प्रमुख भाग है, परन्तु जब उसका संकुचित अर्थों में प्रयोग किया जाता है तो दोनों (फिजिओग्रेफी तथा ज्योमाफॉर्माजी) समानार्थी हो जाते हैं। इसके होने हुए भी फिजिओग्रेफी शब्द भ्रामक है। यदि किसी देश की भौतिक आकृतियों का उल्लेख किया जाता है तो आमतौर पर उसके लिए "फिजिओग्रेफी" शीर्षक का ही प्रयोग किया जाता है। भौतिक आकृतियों के आधार पर वर्गीकृत 'भौतिक विभाजन' के लिए "Physiographic Region" शीर्षक का ही प्रयोग होता है। इस तरह के प्रदेश में जलवायु का उल्लेख नहीं किया जाता है। किसी भी क्षेत्र की जलवायु, भौतिक दशाओं, वनस्पतियों आदि के सम्मिलित विवरण को "प्राकृतिक प्रदेश" (Natural Regions) के अन्तर्गत रखा जाता है। लेखक के मतानुसार भ्रान्तियों में बचने के लिए

स्थलरूप का अध्ययन करने वाले विज्ञानों को "ज्योमाफॉर्माजी" नामावली से ही सम्बोधित करने चाहिए।

## 2. भू-आकृति विज्ञान का क्षेत्र तथा विषय-सामग्री

भू-आकृति विज्ञान का अध्ययन-क्षेत्र अत्यधिक सुनिश्चित है। पृथ्वी की स्थतीय सतह का उल्लेख ही इसका प्रमुख विषय है। परन्तु यह अवधारणा भी भ्रामक है। क्योंकि यहाँ पर भूगर्भशास्त्र का भी आगमन हो जाता है। और अधिक स्पष्टता के लिये यह कहा जा सकता है कि भू-आकृति विज्ञान के अध्ययन का प्रमुख विषय पृथ्वी के उच्चावचों का क्रमबद्ध अध्ययन है। इस विज्ञान के अन्तर्गत विभिन्न उच्चावचों की उत्पत्ति, विकास तथा वर्तमान रूप का व्योरेवार विवरण प्रस्तुत किया जाता है। यद्यपि भू-आकृति विज्ञान, भूगोल का एक अभिन्न अंग है तथापि इसका आरम्भ भूगर्भशास्त्र (Geology) से ही होता है। इसी आधार पर भू-आकृति विज्ञान को कभी-कभी भूगर्भशास्त्र का एक अंग माना जाता है। प्रोफेसर चार्नबरी ने तो यहाँ तक कह डाला है — "भू-आकृति विज्ञान मुख्य रूप से भू-गर्भशास्त्र है।"<sup>2</sup> सोवियत महाद्वीप के अनुसार "भू-आकृति विज्ञान या स्थलरूपों के अध्ययन का विज्ञान भूगर्भशास्त्र की एक शाखा है।" भू-आकृति विज्ञान का सम्बन्ध भूगर्भशास्त्र के केवल उस अंश से है जो भूपटल की सतह की संरचना से सम्बन्धित है। भू-आकृति विज्ञान तथा संरचनात्मक एवं गत्यात्मक भूगर्भशास्त्र (Structural and Dynamic Geology) में गहरा सम्बन्ध है। चट्टानों की संरचना तथा स्रष्टन के आधार पर स्थलरूपों के निर्माण तथा विकास को समझने में पर्याप्त सुविधा होती है। इस कारण भूगर्भशास्त्र के उस भाग, जिसका सम्बन्ध पृथ्वी की सतह की संरचना में होता है का अध्ययन प्राकृतिक

1. [A]—Science Glossary, Central Hindi Directorate, Ministry of Education; Govt of India, 1964, pp 216 & 370

[B]—Through custom, Physiography has come to be applied to the three major physical divisions of the globe the lands, the atmosphere and the oceans. The study of lands constitutes Geomorphology; the study of atmosphere constitutes Meteorology; and the study of the oceans is Oceanography

Lobeck, A. K., Geomorphology, McGraw-Hill Book Company, Inc 1939, p 3

2. Geomorphology is primarily geology. —Thornbury, W. D., Principles of Geomorphology, John Wiley & Sons, Inc. 1954, p. 1.

.. Geomorphology, or the study of land forms is a branch of geology, some times considered coordinate with mineralogy and petrology, and some times with palaeontology and stratigraphy.

Lobeck, A. K., Geomorphology, McGraw-Hill Book Company, Inc. 1939, p 3



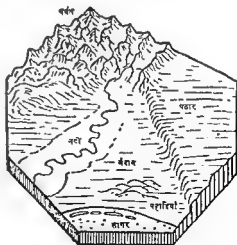
ही नहीं आवश्यक-ता हो जाता है। इस तथ्य को ध्यान में रखते हुए भूपृष्ठ की रचना-सामग्री (चट्टान) का वर्णन भू-आकृति विज्ञान में किया जाता है।

स्थलरूपों के स्वभाव को समझने के लिये कभी-कभी सैद्धान्तिक भूगर्भशास्त्र (Theoretical geology) का भी अध्ययन आवश्यक हो जाता है। उदाहरण के लिए पर्वत निर्माण की क्रिया का पृथ्वी के आन्तरिक भाग से गहरा सम्बन्ध है। इसलिये पृथ्वी की आन्तरिक संरचना को जानना भी अनिवार्य होता है। जब तक भूपटल के प्रमुख उच्चावचों (महाद्वीप, महासागर-नितल, पर्वत, पठार आदि) का विधिवत ज्ञान प्राप्त नहीं हो जाता तब तक उन पर निमित्त तथा विकसित होने वाले स्थलरूपों का वैज्ञानिक अध्ययन नहीं किया जा सकता है। इस दृष्टिकोण में पृथ्वी के प्रमुख उच्चावचों के वर्तमान रूप, प्रकार संरचना तथा उनसे निर्माण में सम्बन्धित विभिन्न सिद्धान्तों की व्याख्या करना अत्यावश्यक हो जाता है। भूपटल पर स्थलरूपों का विकास आन्तरिक तथा बाह्य बलों (Forces) द्वारा होता है। आन्तरिक बलों में पटलबिम्बणी बल तथा आर्कस्मिक बल (ज्वालामुखी-क्रिया तथा भूकम्प) महत्त्वपूर्ण होते हैं। यद्यपि इन बलों का सम्बन्ध भौतिक भूगर्भशास्त्र में है तथापि इन बलों के सभी रूपों का उल्लेख भू-आकृति विज्ञान में आवश्यक होता है। यद्यपि भू-आकृति विज्ञान का प्रमुख विषय इन बलों द्वारा उत्पन्न स्थलरूप ही है तथापि उनकी (स्थलरूप) व्योम्गवार व्याख्या के लिए इन बलों के कार्य करने के विभिन्न रूपों का भी उल्लेख इस विज्ञान के अन्तर्गत होना चाहिए। बाह्य बलों में अपक्षय (Weathering) तथा अपरदन के विभिन्न माधन (नदी पवन, हिमानी, सागरीय तरंग आदि) अधिक महत्त्वपूर्ण हैं। भूपटल पर इन्हीं बाह्य बलों द्वारा ही अधिकांश स्थलरूपों का विन्यास होता है। भू-आकृति विज्ञान के अन्तर्गत अन्तःसागरीय स्थलरूपों (Submarine forms) का भी अध्ययन किया जाना है।

भू-आकृति विज्ञान के अध्ययन का प्रधान विषय पृथ्वी के विभिन्न उच्चावच है। स्थलमण्डल की सतह पर उच्चावच स्थलीय विषमताओं (Vertical irregularities) को उच्चावच की मजा प्रदान की जाती है। यदि उच्चावच विभिन्न पर्वतों के रूप में ऊँचे हो सकते हैं तो पहाड़ियों या ढों (Mounds) के रूप में कम ऊँचे और पानियों में गहरे हो सकते हैं। भूपटल

पर उच्चावचों में इतनी अधिक विषमता होती है कि उनको निश्चित क्रम में श्रेणीबद्ध करना कठिन हो जाता है। साधारणतः पर भूतल के उच्चावचों को तीन वर्गों में रखा जाता है।

(i) प्रथम श्रेणी के उच्चावच (Relief features of the first order)—इस वर्ग के अन्तर्गत भूतल के उन उच्चावचों को सम्मिलित किया जाता है जो कि प्रमुख हुआ करते हैं। उदाहरण के लिए महाद्वीप तथा महासागर नितल इस श्रेणी के अन्तर्गत आते हैं। इन दो विशाल स्थलरूपों के वर्तमान रूप तथा वितरण, उत्पत्ति एवं विकास की समुचित व्याख्या वांछित होती है। समस्त ग्लोब के 70 8 प्रतिशत भाग पर जलमण्डल (सागर एवं महासागर) तथा 29.2 प्रतिशत भाग पर स्थलमण्डल का विस्तार है। इन्हीं भूतल के प्रारम्भिक उच्चावच के नाम से भी अभिहित किया जाता है। महाद्वीपों तथा सागरों की उत्पत्ति, वर्तमान रूप तथा सिद्धान्तों का प्रतिपादन किया गया है। इनकी आलोचनात्मक व्याख्या “महाद्वीपों तथा महासागरों की उत्पत्ति” नामक अध्याय 7 में की गई है। इन दो प्रमुख उच्चावचों की उत्पत्ति के पहले पृथ्वी की उत्पत्ति तथा उसके भूगर्भिक इतिहास की जानकारी प्राप्त करना आवश्यक होता है। देखिये लेखक की पुस्तक ‘भौतिक भूगोल’ का प्रथम अध्याय।



चित्र 1—द्वितीय श्रेणी के उच्चावच।

(ii) द्वितीय श्रेणी के उच्चावच (Relief feature of the second order)—एवंत, पठार, मैदान तथा झीलों को द्वितीय श्रेणी के उच्चावचों के अन्तर्गत रखा

जाता है। इनको संरचनात्मक स्थलरूप (Structural landforms) भी कहा जाता है। इन उच्चावच्चों का निर्माण मुख्य रूप से पृथ्वी के आन्तरिक बलों (Endo-genetic forces) द्वारा प्रथम श्रेणी के उच्चावच्चों पर होता है। पटलविरूपणी बल (Diastrophic force) महादेश जनक तथा पर्वतन बल। इसमें सर्वाधिक महत्वपूर्ण होने है। भूतल पर दो तरह के बल कार्य करते हैं—रचनात्मक बल (Constructive force) तथा विनाश-त्मक बल (Destructive force)। चैंक पर्वत, पठार, मैदान का (केवल द्वितीय दर्जा के स्थलरूप) यहाँ कि कुछ पर्वतों, पठारों तथा मैदानों का निर्माण अपसय तथा अपरदन द्वारा भी होता है। निर्माण पृथ्वी के आन्तरिक बल (रचनात्मक) द्वारा होता है अतः उन्हें रचनात्मक स्थलरूप कहते हैं। इनमें से प्रत्येक प्रकार के उच्चावच्च के सामान्य रूप, उनके निर्माण की प्रक्रिया तथा सम्बन्धित सिद्धान्त एवं विकास का अध्ययन किया जाता है। यद्यपि ज्वालामुखी-क्रिया पृथ्वी के आन्तरिक बल के अन्तर्गत आती है परन्तु इसका उल्लेख पहले ही इसलिए कर दिया गया है कि इस क्रिया का पृथ्वी के आन्तरिक भाग से अधिक सम्बन्ध है। ज्वालामुखी-क्रिया द्वारा बने स्थलरूप मुख्य रूप से रचनात्मक ही होते हैं परन्तु अध्ययन की सुविधा के लिए इनकी व्याख्या भी ज्वालामुखी-क्रिया की व्याख्या के साथ ही कर दी गई है (अध्याय 11)।

(iii) तृतीय श्रेणी के उच्चावच्च (Relief features of the third order)—द्वितीय श्रेणी के उच्चावच्चों पर निर्मित तथा विकसित स्थलरूपों को तृतीय श्रेणी के उच्चावच्चों के अन्तर्गत सम्मिलित किया जाता है। पर्वत, पठार, मैदान आदि प्रमुख उच्चावच्चों पर पृथ्वी के बाह्य बलों (अपसय तथा अपरदन) द्वारा अनेक स्थलरूपों की रचना होती है। चूंकि ये बाह्य बल विनाशकारी होते हैं अतः इनके द्वारा निर्मित स्थलरूपों को 'विनाश-त्मक स्थलरूप' (Destructural landforms) कहते हैं। इन बलों में बहता हुआ जल (नदी), पवन, हिमानी तथा सागरीय तरंग अधिक महत्वपूर्ण होते हैं। नदियों द्वारा निर्मित स्थलरूप तीन तरह के होते हैं—अपरदनात्मक स्थलरूप (वाटियाँ, कैनियन, गार्ज, प्रपात, सोपान आदि), अवशिष्ट स्थलरूप—Residual landforms (बोटियाँ, मोनाडनाक आदि) तथा निक्षेपात्मक स्थलरूप—Depositional landforms (जलोढ़ पथ, प्राकृतिक तटबन्ध, बाढ़ का मैदान, डेल्टा आदि)। हिमानी द्वारा

निर्मित अपरदनात्मक स्थलरूपों में मर्क, U आकार की घाटी आदि, अवशिष्ट स्थलरूपों में एरेटी, मैटरहॉर्न, रॉगमुटोने तथा निक्षेपात्मक आकारों में हिमोढ़, एस्कर, ड्रमलिन, केम आदि महत्वपूर्ण होते हैं। इसी तरह पवन तथा सागरीय तरंगों भी अपरदन तथा निक्षेपण द्वारा विभिन्न प्रकार के स्थलरूपों का निर्माण करती हैं। भू-आकृति विज्ञान में तृतीय श्रेणी के इन्हीं स्थलरूपों को अधिन महत्व प्रदान किया जाता है।

### 3. भ्वाकृतिक विचारों के विकास का इतिहास

भ्वाकृतिक विचारों के इतिहास का महत्त्व—भूतल का कोई भी वर्तमान अथ प्रारम्भ से ही ऐसा नहीं रहा है। परिवर्तन प्रकृति का नियम है। स्वयं मानव भी विकास की विभिन्न सरणिओं में गुजरने के बाद ही अपने वर्तमान स्वरूप को प्राप्त हुआ है। प्रत्येक वस्तु अपने विकास के प्रारम्भिक चरण में सामान्य होती है, परन्तु समय के साथ-साथ उसमें सुधार, सम्बर्द्धन तथा निखार होता रहता है। उसका स्वरूप शान्तिपूर्ण पुष्ट होता जाता है और एक दिन ऐसा आता है कि वह परिपक्व हो जाती है, परन्तु यह कल्पन भी तर्कसंगत नहीं है क्योंकि भविष्य में भी उसमें सुधार, परिवर्तन तथा परिमार्जन की सम्भावनाएँ निहित होती हैं। भू-आकृति विज्ञान के विकास में भी कुछ ऐसा ही हुआ है। प्रत्येक विज्ञान का अपना एक अलग सुनिश्चित इतिहास होता है, जिसके विभिन्न कालों में उसका अलग-अलग रूप होता है, परन्तु श्रुत एक सुनिश्चित रूप की ओर ही रहता है। भू-आकृति विज्ञान का वर्तमान स्वरूप भी विगत युगों में प्रतिपादित अनेकानेक भ्वाकृतिक विचारों में क्रमशः विकास तथा समायोजन के परिणामस्वरूप प्राप्त हो सका है। किसी भी विषय के वर्तमान स्वरूप की झलक पाने के लिये उसके विकास के पिछले इतिहास का मिताव-भौकन न केवल श्लाघ्य होता है अपितु अनिवार्य हो जाता है। इस कारण भू-आकृतिक विज्ञान के विकास का इतिहास प्रस्तुत करना आवश्यक सा लग रहा है परन्तु स्थानाभाव के कारण इसका बृहद् उल्लेख न करके संक्षिप्त किन्तु सम्यक्त तथा सुनियोजित विवरण ही प्रस्तुत किया जा सकेगा। भ्वाकृतिक विभागों के विकास का यह सौद्देश्य इतिहास नई दृष्टियों से महत्वपूर्ण होगा। इस विवरण से यह स्पष्ट हो जायेगा कि यह विषय स्थायी नहीं है अपितु परिवर्तनशील है। जिसे हम आज मरत्य मानते हैं वही आगे चलकर गलत भी हो

मकता है और जिस तथ्य को हम इस समय सदेहस्पद दृष्टि से देखते हैं वह निकट भविष्य में समय की कठोर शिला पर सत्य हो सकता है। वर्तमान समय में जितने तथ्य एवं सिद्धान्त हैं वे अपने प्रतिपादन के समय सर्वमान्य नहीं थे। उन्हें कटु आलोचनाओं का शिकार होता पड़ा है। परन्तु समय ने आगे चलकर उनकी पुष्टि के लिये अनेक प्रमाण प्रस्तुत किये; विद्वानों ने उन प्रमाणों को अपने विचारों की माला में पिरो कर, उनमें निश्चार लाकर वर्तमान रूप प्रदान किया। इस इतिहास का सर्वाधिक प्रभाव जिज्ञासुओं पर यह होमा कि वे नूतन सकल्पनाओं, सिद्धान्तों तथा तथ्यों के प्रतिपादन में गतत प्रयत्नशील रहेंगे, जिससे भू-आकृति विज्ञान की गेद मर्दव नवीन तथ्यों से भरती रहेगी एवं विषय जीता-जागता और चिरनूतन बना रहेगा। जब कोई विषय स्थायी हो जाता है तो उनके अध्येता अपने को वही तक सीमित कर लेते हैं। उनकी जिज्ञासा हतप्रभ हो जाती है और रुक जाती है विकास की गति। विषय एक नीरस बहानी बन कर रह जाता है। परन्तु भू-आकृति विज्ञान का विषय एव क्षेत्र सीमित नहीं है। उसमें सदैव नवीन विचारों के समावेश के लिये गेष्ट स्थान रहता है। इस विज्ञान के विचारों के विकास के अनेकानेक रूपों तथा उनके क्रमिक इतिहास का परिशीलन करके जिज्ञासु आशावान हो उठते हैं। उनका दृष्टिकोण व्यापक हो जाता है। इन तथ्यों को ध्यान में रख कर अगली पवित्यो में भ्वाकृतिक विचारों के विकास का क्रमबद्ध इतिहास कुछ शीर्षकों के अन्तर्गत प्रस्तुत किया जा रहा है। अध्याय 2 भी देखिये।

(1) भ्वाकृतिक विचारधारा का प्रारम्भिक युग—न केवल भू-आकृति विज्ञान वरन् भूगोल का भी व्यवस्थित रूप 19वीं शताब्दी से ही प्रारम्भ होता है। यद्यपि इस विज्ञान की कुछ छिन्न-पुट विचारधाराओं का प्रतिपादन प्राचीन काल में ही हो गया था परन्तु भू-आकृति विज्ञान के रम्भक से स्वस्थ भ्वाकृतिक विचारों की खनिका 'हटन' के साथ ही उठती है। प्राचीन काल में (ईसा पूर्व) स्थलरूपों के विषय में कुछ विचारों का प्रतिपादन किया जा चुका था परन्तु उनसे प्रतिपादकों को यह जानकारी नहीं थी कि वे भू-आकृति विज्ञान के विचारों का सम्पादन कर रहे हैं, क्योंकि प्राचीन काल के विद्वान इतिहासकार पहले से, भूगोलवेत्ता बाद में। सम्मुख रेखा त्राय तो इस क्षेत्र में उल्लेखनीय तथा सराहनीय कार्य हटन

(1726-1797) के समय से प्रारम्भ होता है। भू-आकृति विज्ञान का भूगोल से एक स्वतन्त्र विषय के रूप में अलगव 19वीं शती के बाद से हुआ माना जाता है। परन्तु प्राचीनकाल में भी इस विज्ञान से सम्बन्धित विचारों का प्रतिपादन यूनान (ग्र्रीम), मिस्र तथा रोम में किया गया था।

यूनान, मिस्र तथा रोम, जहाँ पर सर्वप्रथम भ्वाकृतिक विचारों का प्रस्फुटन हुआ था, प्राचीन सभ्यता के केन्द्र रह चुके हैं। हर क्षेत्र में बौद्धिक विकास के फलस्वरूप इस क्षेत्र में कुछ भ्वाकृतिक विचारों का प्रतिपादन अवश्यम्भावी ही था। यूनान के तन्त्रप्रतिष्ठ इतिहासकार हेराडोटस, जिसका समय, 485 से 425 ई० पू० बताया जाता है, का योगदान इतिहास तथा दर्शन के क्षेत्र में अधिक महत्वपूर्ण रहा है, परन्तु उसने कुछ भौगोलिक तथ्यों का भी पर्यवेक्षण किया था। इसने मिस्र के अधिक भाग का पर्यटन किया तथा कई स्थलों के रचनात्मक रूपों का उल्लेख किया है। नदियों के निर्माणप्रक कार्य का पर्यवेक्षण करने के बाद उसने इस तन्त्र का प्रतिपादन किया कि "मिस्र नील की बेग है"। नील नदी द्वारा निर्मित डेल्टा के विकास का कई वर्षों तक अध्ययन करने के बाद उसने बताया कि नदी-डेल्टा के आकार में प्रतिवर्ष विस्तार होता है और यह विस्तार मागर की ओर होता है। उसने सागरतल का भी दीर्घकाल तक पर्यवेक्षण किया तथा स्थलीय भाग में मिले कुछ सागरीय जीवावशेषों के आधार पर यह बताया कि सागर का तल स्थिर नहीं रहता है। उसने आये दिन उतार-चढ़ाव हुआ करता है, जिससे सागर का स्थल पर आक्रमण होता रहता है। इस विचार को यदि सूक्ष्म दृष्टि से देखा जाय तो इसमें (सागर-तल से सम्बन्धित विचार) "सागरीय अतिक्रमण काल" (Phase of transgression) तथा "सागरीय अनतिक्रमण काल" (Phase of regression) का परोक्ष रूप से आभास मिलता है।

यूनान के प्रसिद्ध दार्शनिक अरस्तू (384 से 322 ई० पू०) ने जलक्षोत, सरिता तथा सागर से सम्बन्धित अपने विचारों का प्रतिपादन किया है। सरिताओं के विषय में अरस्तू का विवरण उल्लेखनीय है। उसने बताया कि सरिताओं का आविर्भाव जलक्षोतों द्वारा होता है, और ऐसी नदियाँ स्थायी तथा सतत वाहिनी होती हैं। अरस्तू ने ग्रीस के चूनापत्थर से युक्त स्थलीय भाग में नदियों के स्वभाव का अवलोकन गली प्रकार किया है। ऐसे

स्थलों पर नदियाँ मतलब से गुप्त हो जाती हैं तथा भूमिगत सरिता (underground streams) का रूप धारण कर लेती हैं। जलचक्र से प्राप्त जल में यद्यपि सरिताओं का आविर्भाव हो सकता है परन्तु ऐसी नदियाँ केवल अस्थायी धारा के रूप में ही हो सकती हैं। नदियों द्वारा होने वाले अपरदन का भी अरस्तू ने उल्लेख किया है। उसने बताया है कि नदियाँ अपरदन द्वारा स्थल से पदार्थ प्राप्त करती हैं तथा उनका सागरों या झीलों में निक्षेपण करती हैं। नदियों द्वारा निक्षेपित पदार्थ बाँप के रूप में होता है। जलस्रोतों की उत्पत्ति में सम्बन्धित अरस्तू का विवरण अधिक दिलचस्प है। जल-स्रोत (Springs) का धरातल पर प्रकट होने वाला जल तीन स्रोतों में प्राप्त होता है। (i) वर्षा के समय अधिकांश जल झीलों में रिकर धरातल के नीचे चला जाता है। (ii) वायुमण्डल की कुछ वायु भूराशों द्वारा धरातल के भीतर पहुँच जाती है। इस पदार्थ के पनीभवन (Condensation) से कुछ जल प्राप्त होता है। (iii) धरातल के नीचे स्थित कुछ जल वाष्पों (Vapour) से कुछ जल प्राप्त होता है। इन स्रोतों से प्राप्त जल का पर्वतों में संचयन होता है, जहाँ से जलस्रोतों का आविर्भाव होता है। अरस्तू ने सागर-तट में उतार-चढ़ाव (fall and rise in sea level) का भी पर्यवेक्षण किया है। उसने बताया कि जहाँ पर आज सागर हैं वहाँ पर पहले शुष्क स्थलीय भाग रहा होगा। इतना ही नहीं वर्तमान (अरस्तू के समय) सागरों से स्थलीय भाग (जो कि जलमग्न हो गये हैं) का पुन आविर्भाव हो सकता है। इस तरह अरस्तू ने सागर-तल की अस्थिरता को स्वीकृति प्रदान की।

स्ट्रबो (54 ई०पू० से 25 ई०पू०) नामक इतिहासकार का सरिताओं के सम्बन्ध में योगदान सराहनीय है। उसने बताया कि नदियाँ स्थलीय भाग का अपरदन करके अवसाद प्राप्त करती हैं तथा उन्हें कर्ष के रूप में सागर में जमा कर देती हैं। नदियों द्वारा निर्मित डेल्टा का आकार भिन्न-भिन्न हुआ करता है। उसमें विचार, विस्तार तथा ह्रास भी होता रहता है। डेल्टा का आकार उम भाग पर आधारित होता है जिससे होकर सरिता प्रवाहित होती है। यदि वह भाग अत्यधिक विस्तृत है और उम भाग की चट्टानें कोमल हैं तो अपरदन द्वारा अवसाद अधिक प्राप्त होगा। परिणामस्वरूप डेल्टा का आकार अधिक विस्तृत होता है। इस विवरण से यह स्पष्ट आभास हो जाता है कि नदियों का अपरदनात्मक कार्य कोमल चट्टानों पर अधिक होता

है। इस विवरण से परोक्ष रूप में विशेषात्मक अपरदन (differential erosion) की भी झीनी झलक मिलती है। स्थलीय भागों में स्थानीय उत्थान एवं अवतलन होता रहता है। विमुवियस पर्वत की संरचना का अवलोकन करने के बाद स्ट्रबो ने बताया कि इसकी उत्पत्ति ज्वालामुखी क्रिया द्वारा हुई है। तबका नामक विद्वान ने अरस्तू के उम मत का समर्थन किया कि जलचक्र द्वारा सरिताओं का आविर्भाव नहीं हो सकता है। उसने नदियों के अपरदनात्मक कार्य का भी भली प्रकार अवलोकन किया है। उसने बताया कि नदियाँ अपघर्षण (Abrasion) द्वारा अपनी घाटी को गहरा करती हैं। उपर्युक्त विवरण में यह स्पष्ट हो गया है कि नदियों के विषय में प्राचीन काल में ही पर्याप्त जानकारी प्राप्त हो गयी थी। इस प्रकार यह कहा जा सकता है कि प्राचीन काल के विचारकों ने यद्यपि भूगोल खामकर भू-आकृति विज्ञान सम्बन्धी कुछ छिटपुट विचारों का प्रतिपादन तो किया परन्तु वे किसी भी सुनियोजित तथा स्वस्थ विचारधारा का सम्पादन नहीं कर सके।

(ii) अग्रपुष्प—रोमन साम्राज्य के पतन के बाद भू-आकृति विज्ञान के रगमच में उड़ी यवनिका पुनः गिर पड़ती है। समस्त दृश्य ओझल-सा होने लगता है। विज्ञान के क्षेत्र में अस्पष्टता तथा अस्त-व्यस्तता का साम्राज्य हो जाता है। यह क्रम कई शताब्दियों तक चलता रहता है। प्रथम शताब्दी ई० से चौदहवीं शताब्दी तक न केवल भू-आकृति विज्ञान में बल्कि भूगोल के क्षेत्र में भी प्रगति के आगे पूर्ण विराम लग जाता है। इस दीर्घकाल को अन्धयुग कहा जाता है। क्योंकि लगभग चौदह सौ वर्षों तक स्थिरता का घना कुहरा छाया रहता है। इसके बावजूद कहीं-कहीं पर छिटपुट विचारों का सम्पादन अवश्य हुआ। अरब में अवीसेना (Avicenna—980 to 1037 A D) ने पर्वतों से सम्बन्धित विचारों का प्रतिपादन किया। उत्पत्ति के आधार पर उसने पर्वतों को दो वर्गों में विभाजित किया। प्रथम वर्ग के अन्तर्गत वे पर्वत आते हैं जिनका आविर्भाव स्थलखण्ड में उत्थान के कारण होता है। द्वितीय वर्ग के पर्वतों का निर्माण बहते हुए जल तथा पवन द्वारा कोमल जैत में अपरदन द्वारा घाटी के निर्माण से होता है। इस तरह अवीसेना के विचारों में “विशेषात्मक अपरदन” (differential erosion) का संकेत मिलता है। उसने यह भी बताया कि अपरदनात्मक कार्य लम्बे समय के दौरान सम्पादित होता है, परन्तु उनकी दर अत्यन्त मन्द होती है। इस तरह

भू-आकृतिक विचारों का विकास मन्दिर गति से चलता है परन्तु इस युग की कोई बहुमूल्य देन नहीं है।

(iii) आकस्मिकवाद या प्रलयवादिता (Catastrophism)—भू-आकृति विज्ञान में चौदह सौ वर्षों के मौन वातावरण के बाद एकाएक जागरण होता है। चौदहवीं शती से सोलहवीं शती तक भू-आकृति विज्ञान के इतिहास में नवीन पृष्ठों का सकलन होता है, जिनमें आकस्मिकवाद का स्पष्ट अंकन रहता है। पृथ्वी की आयु का परिकलन कुछ सहस्र वर्षों में ही किया गया, जिस कारण मानव ने केवल उन्हीं भूगर्भिक घटनाओं को महत्त्व प्रदान किया जिनका पर्यवेक्षण एवं अवलोकन वे अपने जीवन-काल में कर सकते थे। विद्वानों ने यह बताया कि भू-पटल पर विभिन्न आकृतियों का मूलन अचानक तथा आकस्मिक रूप में होता है। ज्वालामुखी की अचानक क्रिया तथा भूकम्प की सेकण्डों में दिल दहला देने वाली हृदय-विचारक घटनाओं ने आकस्मिकवाद की विचार-धारा के प्रतिपादन पर बल प्रदान किया। इन घटनाओं द्वारा मानव दुर्ग के सामने स्वरित रूप में अनेकानेक स्थलरूपों का सृजन हो जाता है। परिणामस्वरूप वह मन्दिर गति से सम्पादित होने वाली घटनाओं की ओर दृष्टिपान नहीं कर सका। पृथ्वी की आयु भी इतनी कम परिकल्पित की गई थी कि उस लघु समय के अन्तर्गत केवल प्रलयकारी तथा आकस्मिक घटनाओं को ही स्थान दिया जा सकता था। इस विचारधारा के समर्थकों को 'प्रलयवादी' या 'आकस्मिकवादी' (Catastrophist) की सजा प्रदान की गई। यह विचारधारा इतनी तीव्र गति से आगे बढ़ी की क्यूवियर (Cuvier) जो कि एक प्रकृति पंथानिक (Naturalist) था, इससे अप्रभावित नहीं रह सका। उसने बताया कि प्राचीन काल में प्रारम्भिक पर्वत-निर्माणकारी घटनाएँ इतनी आकस्मिक थी कि उसने प्रकृति के संचालन में व्यवधान उपस्थित हो गया था। आकस्मिकवाद की विचारधारा का प्रभाव केवल भूगर्भ-शास्त्र तथा भू-आकृति विज्ञान तक ही सीमित नहीं था बल्कि उसने जीव-विज्ञान (Biology) में भी प्रवेश किया। यह माना गया है कि कई जीवों का आविर्भाव अचानक हुआ तथा कुछ समय बाद उनका शीघ्रता से लोप एवं अवसान भी हुआ गया।

(iv) सतित-अपरदन की विचारधारा का उदय-काल—सोलहवीं शती के प्रथम चरण से भू-आकृति विज्ञान में वैज्ञानिक विचारों का प्रतिपादन प्रारम्भ होता

है। इस युग के पहले ये विद्वानों ने स्थलरूपों की मुख्य रूप से स्थायी रूप में लिया था परन्तु अब उनकी नश्य-रता का आभास विद्वानों को पूर्णतया मिल गया था। अप-भय तथा अपरदन द्वारा स्थलीय भागों में विनाश तथा परिवर्तन होता रहता है। यदि कुछ स्थलरूप अपरदित होकर समाप्त हो जाते हैं तो कुछ नवीन स्थलरूपों का आविर्भाव होता है। इस युग में अपरदन के साधनों कासकर सरिता द्वारा स्थलीय भाग के अनाच्छादन का नवीन-भाति अवलोकन तथा अध्ययन किया गया।

भू-आकृति विज्ञान में नवीन विचारों का सूत्रपात लियोनार्दो (Leonardo da Vinci—1452 to 1519) के साथ होता है। लियोनार्दो पहला व्यक्ति था जिसने बताया कि नदियाँ अपरदन करके अपनी घाटी का स्वयं निर्माण करती हैं। अपरदन के दौरान नदियाँ स्थल के एक भाग का अपरदन करके मलबा प्राप्त करती हैं तथा उनका अन्यत्र निक्षेपण करती हैं। प्रमुख कान्तीसी विद्वान बफन ने आकस्मिकवाद के युग के समय पृथ्वी की परिकल्पित लघु आयु का खण्डन किया। उसने बताया कि पृथ्वी की आयु कुछ सहस्र वर्षों तक ही नहीं आँकी जा सकती है। बफन के अनुसार अपरदन के साधनों में नदियाँ सर्वाधिक क्रियाशील एवं शक्तिशाली होती हैं। कोई भी ऊपर उठा भाग (स्थलभाग) अपरदित होकर इतना नीचा हो सकता है कि वह सागर-तल को प्राप्त हो जाय। इटली के प्रमुख विद्वान Targioni Tozzetti (1712 to 1784) ने नदियों की घाटियों का अध्ययन करने के बाद बताया कि उनका मार्ग असमान हुआ करता है। कहीं पर वह तप तथा सकरी घाटी से होकर प्रवाहित होती है तो कहीं पर विस्तृत चौड़ी घाटी या घुमाव-धार विसर्पों से। उसने यह बताया कि नदियों का यह असमान मार्ग चट्टानों के स्वभाव में अन्तर के कारण हुआ करता है। कोमल शैल वाले भाग में अपरदन अधिक होने से चौड़ी तथा विस्तृत घाटियों का निर्माण होता है, जबकि कठोर तथा प्रतिरोधी चट्टानें अपरदित होने के कारण तंग तथा सकरी घाटियों का जन्म देती हैं। इस तरह इन्होंने सर्वप्रथम प्रत्यक्ष रूप में 'वैरोपात्मक अपरदन' (differential erosion) की संकल्पना का सूत्रपात किया।

फ्रेच विचारक Guettard (1715 to 1786) ने बताया कि पर्वतों का अपरदन सरिताओं द्वारा होता रहता है तथा वह शनैः शनैः नीचा होता जाता है।

निक्षेप के सम्बन्ध में उसने अति महत्वपूर्ण विचारों का प्रतिपादन किया। नदी द्वारा अपरदन से प्राप्त सभी पदार्थों का निक्षेपण केवल सागर में ही नहीं होता है वरन् उसका कुछ अग नदी के मार्ग में भी जमा होता है, खासकर बाढ़ के मैदान के रूप में। उसने बताया कि सागर, अपरदन का सर्वाधिक सक्रिय साधन है। एवंवेक्षण के आधार पर उसने बताया कि मध्य फ्रान्स की कई पहाड़ियों की उत्पत्ति ज्वालामुखी क्रिया द्वारा हुई है। फ्रान्स के दूसरे विद्वान् दिमारेस्त (Dimarest—1725 to 1815) ने नदियों की घाटी के सूक्ष्म अध्ययन व बाद बताया (1774) कि मध्य फ्रान्स में जिन घाटियों में होकर नदियाँ प्रवाहित हो रही हैं उन घाटियों का निर्माण उन्होंने स्वयं किया है। स्थलरूपों के विकास के विषय में दिमारेस्त के विचार अग्रिम दिलचस्प हैं। सबसे पहले उसी ने बताया कि स्थलरूपों का विकास विभिन्न क्रमिक अवस्थाओं से होकर होता है। Swiss De Saussure (1740-1799) ने सगिता-अपरदन (1786) के अलावा हिमानी द्वारा होने वाले अपरदन पर भी प्रकाश डाला है। इस तरह अठारहवीं शती के अन्त तक सगिता-अपरदन से सम्बन्धित अनेक महत्वपूर्ण तथ्यों का प्रतिपादन किया गया। आगे चलकर जेम्स हटन ने इन तथ्यों में साध उठाया तथा इन आधारों पर अपनी सकल्पना (वर्तमान भूतकाल की कुञ्जी है) का प्रतिपादन किया।

(v) एकरूपतावाद (Uniformitarianism) का उदयकाल—भू-आकृति विज्ञान के प्राणन में अठारहवीं शती एक नवीन सहर के साथ आती है जो 'आकस्मिकवाद' पर तीखा प्रहार करती है और भू-आकृति विज्ञान के अंचल पर नवीन विचारों के गोटे टांक जाती है। 'आकस्मिकवाद' आलोचनाओं के सामने टिक नहीं पाता है क्योंकि उसके लिये भरपूर प्रमाण मिल नहीं पाते। भौकृतिक विचारों के इतिहास में 'एकरूपतावाद' का एक नवीन पृष्ठ सज जाता है। प्रमुख स्कॉटिश विद्वान जेम्स हटन अपनी डम 'एकरूपतावाद की विचारधारा' के साथ भू-आकृति विज्ञान के शगमक पर आते हैं। इनका जन्म 1726 ई० में स्कॉटलैण्ड के एडिनबर्ग नगर में हुआ था। इन्होंने 1797 ई० तक इस विषय को सवारा। उन्होंने बताया कि "वर्तमान भूत की कुञ्जी है" (Present is key to the past), अर्थात् वर्तमान समय के

स्थलरूपों की वक्रावट, आकार तथा रूप को देखकर पिछले इतिहास को संजोया जा सकता है। स्थलरूपों का निर्माण तथा विकास निश्चित दशाओं में प्रायः समान रूप से होता रहता है। जिन दशाओं में वर्तमान समय में किसी स्थलरूप विशेष का निर्माण हो रहा है, ऐसी ही दशाओं में अतीत में भी उमका निर्माण अवश्य हुआ होगा। उसने बताया कि जो अपरदनात्मक प्रक्रम इस समय सक्रिय है, पिछले युगों में भी सक्रिय थे। भूगर्भिक इतिहास चक्रीय रूप में सम्पादित होता है। हटन प्रथम विचारक थे जिन्होंने सर्वप्रथम पृथ्वी के इतिहास में चक्रीय व्यवस्था (Cyclic nature of the earth history) का प्रतिपादन किया था। इस चक्र की पुनरावृत्ति होती रहती है। तभी तो यह विद्वान कह उठता है—“न तो आदि का पता है न अन्त का भविष्य”—“No vestige of a beginning, no prospect of an end.” सद्यः प्रागर्भिक इतिहास (भूगर्भिक) पहचान में तिरोहित हो गया है परन्तु वर्तमान के आधार पर उसे सवारा जा सकता है, हटन ने बताया कि अतीत में जो भूगर्भिक परिवर्तन हुए, हैं, वे न तो आकस्मिक तथा स्वस्थित थे और न वर्तमान समय में होने वाले परिवर्तनों से सर्वथा भिन्न बल्कि आवे दिन घटित होने वाले परिवर्तनों से समरूप थे। हटन की इस सकल्पना को एकरूपतावाद कहते हैं।

हटन ने सर्वप्रथम अपने विचारों को एक 'पेपर' के रूप में सन् 1785 ई० में 'रायल सोसायटी आफ एडिनबर्ग' के ममक्ष प्रस्तुत किया था। इन विचारों का प्रकाशन सर्वप्रथम "Theory of the earth, or an Investigation of Laws Observable in the Composition, Dissolution and Restoration of Land upon the Globe" नामक शोधक के अन्तर्गत 'रायल सोसायटी आफ एडिनबर्ग' के Transaction में 1788 में किया गया। आगे चलकर इन विचारों को एक पुस्तक (Theory of Earth with Proofs and Illustrations) के रूप में प्रकाशित किया गया। हटन के विचारों का सबसे अधिक प्रचार तथा सम्बर्द्धन जॉन प्लेफेयर (John Playfair—1748-1819) ने किया, जिसने 1802 ई० में इन्हें 'Illustration of the Huttonian Theory of the Earth'<sup>1</sup> के रूप में प्रकाशित किया।

1 Playfair, John—1802, Illustration of the Huttonian Theory of the Earth, William Creech, Edinburgh

इस पुस्तक में प्लेफेयर ने हटन के विचारों में सम्बर्द्धन तथा परिभाजन करके उन्हें वैज्ञानिक रूप प्रदान किया। परिणामस्वरूप हटन के विचारों में और अधिक निखार आ गया।

हटन ने अपने समय में आगे बढ़कर प्रयुक्त सकल्पनाओं (Advanced concepts) का प्रतिपादन किया था। इसी कारण प्रायः यह कहा जाता है कि हटन अपने युग से आगे था। उसने जलीय और सागरीय दोनों तरह के अपरदनात्मक कार्यों का अवलोकन किया परन्तु उसने सरिता-अपरदन तथा नदी-घाटी के विकास पर अधिक बल दिया। ग्रैनाइट के निर्माण के विषय में उसने नूतन तथा विश्वमनीय सकल्पना का प्रतिपादन किया। ग्रैनाइट शैल के निर्माण के विषय में उस समय दो मत प्रचलित किये गये थे। 'नेप्टुनिस्ट स्कूल' के अगुआ वर्नर (Werner, Saxony, Germany) ने बताया कि ग्रैनाइट का निर्माण रासायनिक अवक्षेप (Oceanic chemical precipitate) से हुआ है अर्थात् इसका निर्माण आद्य सागर के जल के रासायनिक घोल के स्वीकरण (Crystallization) से हुआ है। इसके विपरीत 'प्लूटोनिस्ट स्कूल' (Plutonist School) के सत्यापक जम्स हटन ने बताया कि ग्रैनाइट का निर्माण तप्त एवं तरल मैग्मा के गीतल होकर ठोस होने से होता है। हटन को इस तथ्य का भी आभास मिल चुका था कि नदियाँ अपनी घाटियों का निर्माण स्वयं करती हैं तथा स्थनावृत्ति का निर्माण नहीं होता है बरन् कटाव से आविर्भाव होता है—Topography is carved out and not built up जोन प्लेफेयर ने इन तथ्यों को आगे चलाकर सकल्पना के रूप में प्रस्तुत किया। चार्ल्स ल्वेल, हटन के समर्थक के रूप में इस दुनिया में 1797 में आये। वचन में ही ल्वेल का ध्यान वनस्पति एवं जीवों के प्रति था और यही कारण है कि ल्वेल ने आगे चलकर जीव विज्ञान सम्बन्धी प्रगत विचारों का प्रतिपादन किया जो कि आगे चलकर चार्ल्स डार्विन की पुस्तक 'Origin of Species' की आधार-शिला बने। डार्विन ने स्वयं स्वीकार किया है कि उनकी पुस्तक का आधा भाग ल्वेल के मस्तिष्क की देन है (I feel as if my books came half out of Sir Charles Lyell's brain—Darwin)। चार्ल्स ल्वेल का ध्यान भू-विज्ञान की ओर उस समय गया जब कि उन्होंने अपने माता-पिता के साथ यूरोप महादीप का भ्रमण 1818 में किया। ल्वेल एक घनादय पिता की सन्तान थे, अतः उन्हें भ्रमण के लिये पर्याप्त सुविधा

थी। अपनी विषद खोजों के बाद ल्वेल ने 'आधुनिक ऐतिहासिक भू-विज्ञान (Historical Geology) की नींव डाली तथा भू-विज्ञान की सुसंगठित परिभाषा प्रस्तुत की—He defined geology as that science which investigates the successive changes that have taken place in the organic and inorganic kingdoms of nature ल्वेल को लोग 'Armchair geologist' कहते थे परन्तु यह सत्य नहीं है क्योंकि उन्होंने क्षेत्रों का पर्याप्त भ्रमण किया है। ल्वेल ने अपने अभिभावकों के साथ 1818 में यूरोप में कई देशों का भ्रमण किया तथा आल्प्स का पर्यवेक्षण किया। 1840 में उन्होंने अमेरिका का भ्रमण किया। 1863 में ल्वेल ने अपनी पुस्तक 'प्रिन्सिपल्स ऑफ् ज्योलॉजी' (दो खण्ड) प्रकाशित की तथा 1863 में दूसरी पुस्तक "दी ज्योलॉजिकल इविडेन्स ऑफ् दी गण्टोनिवटी ऑफ् मैन" का भी प्रकाशन हो गया। ल्वेल इस तरह 1875 तक भू-विज्ञान का खजाना भरते रहे। कहते हैं कि ल्वेल की इतना महनीय कार्य करने की प्रेरणा उनकी खूबसूरत, शिष्ट, कल्याणमयी तथा बुद्धिमान पत्नी से मिलती रही। यही कारण है कि अपनी पत्नी की मृत्यु (1873) के पश्चात् ल्वेल अधिक दिन तक जीवित नहीं रह सके।

(iv) आधुनिक विचारधाराओं का प्रसूतन काल—उन्नीसवीं शती के प्रथम चरण के साथ ही भ्वाकृतिक विचारों का सम्बर्द्धन प्रादेशिक रूप में प्रारम्भ होता है। नूतन सकल्पनाओं में इस विज्ञान का खजाना भरता जाता है। इस काल में यूरोप तथा उत्तरी अमेरिका में भू-आकृति विज्ञान का सर्वाधिक विकास हुआ। खासकर समुद्र तट राज्य अमेरिका, ग्रेट ब्रिटेन, जर्मनी आदि में इस विज्ञान के क्षेत्र में उल्लेखनीय कार्य हुए। इस काल की सबसे बड़ी विशेषता यह है कि विद्वानों के विचारों में प्रादेशिक स्तर पर पर्याप्त समता दृष्टिगत होती है। इस तथ्य को ध्यान में रखकर भ्वाकृतिक विचारों को दो 'स्कूलों' के अन्तर्गत रखा जाता है—यूरोपियन तथा अमेरिकन स्कूल।

अ—यूरोपियन स्कूल—यूरोप में कई विषयों पर स्वतन्त्र विचारों का सम्पादन किया गया। उदाहरण के लिये प्लोस्टोसीन हिमकाल तथा हिमानी-अपरदन, सागरीय अपरदन, सरिता अपरदन तथा 'क्रास्ट-वर्क' के सम्बन्ध में अत्यधिक प्रगत विचारों (Advanced ideas) का प्रतिपादन किया गया। इस स्कूल के अन्तर्गत जोन प्लेफेयर, चार्ल्स ल्वेल, आगासीज़, वेनेज़ (Venet) एस्मार्क

(Esmark', Bernhardi, Jean de Charpentier, पेन्क, ब्रुकनर, बाल्टर पेन्क, रैमसे, वेगनर, स्वीजिक (Cvijic) आदि ने कार्य उल्लेखनीय है। प्लेकेंयर के बाद चार्ल्स ल्येले ने हटन के 'एकरूपतावाद' के सिद्धान्त का घड़ले के साथ प्रचार किया। यूरोप में विकसित आधुनिक विचारों को अगले शीर्षकों में प्रस्तुत किया जा रहा है।

(i) हिमकाल तथा हिमानी अपरदन—यूरोपियन स्कूल का महत्वपूर्ण योगदान हिमकाल की पहचान तथा स्वीकरण के रूप में है। प्लोस्टोसीन हिमकाल के समय उत्तरी यूरोप के हिमानीकरण को पुष्टि के लिये आवश्यक उदाहरणों तथा प्रमाणों को प्रस्तुत करने का भरसक प्रयास किया गया। इस क्षेत्र में प्रथम उल्लेखनीय प्रयास लुई आगासीज का माना जाता है। उसने स्वीकार किया कि एक समय ऐसा था जब कि अल्पाइन हिमानी वर्तमान समय (आगासीज का समय) की अपेक्षा अधिक विस्तृत थे। 1815 ई० में जोन प्लेकेंयर ने भी जूरा पर्वत पर स्थित बाउल्टर के आधार पर हिमानी प्रसार का अनुमान दिया। प्रमुख स्विस विद्वान वेनेज (Venetz) ने 1821 तथा नॉर्वेजियन विद्वान एस्मार्क ने 1824 ई० में प्रारम्भिक विस्तृत हिमानी की विचारधारा को स्वीकृति प्रदान की। शोध तथा पर्यवेक्षण का दौर चलता रहा। Jean de Charpentier ने आगे चलकर 'महाद्वीपी हिमानी' (Continental Glacier) को मान्यता प्रदान की। 1840 ई० में आगासीज ने 'महान हिमकाल' (Great Ice Age) की संकल्पना प्रस्तुत की। सन् 1841 में 'Charpentier' ने भी उपर्युक्त संकल्पना को एक 'पेपर' के रूप में प्रकाशित किया परन्तु "महाद्वीपीय हिमानीकरण की संकल्पना के पिता" की छिताब आगासीज के ही हाथ लगी। स्कॉटिश भूगर्भवेत्ता जेम्स गीकी (James Geikie) ने हिमकाल के विभिन्न पहलुओं पर दृष्टिपात किया। उसने बताया कि महाहिमकाल के समय कई हिमकाल (Distinct glacial episodes) तथा गर्म अन्तर्हिमकाल (Warm Interglacial periods) हुआ करते हैं। दो हिमवालों के मध्य एक गर्म अन्तर्हिमकाल होता है, जिस समय हिमचादर पिघल जाती है। जेम्स गीकी ने अपने इन विचारों को "The Great Ice Age" नामक पुस्तक के रूप में 1894 ई० में प्रकाशित किया।<sup>1</sup> आगे चलकर पेन्क (Penck, Albrecht) तथा ब्रुकनर ने आल्प्स पर्वत में हिमानीकरण के विषय में अपने किये गये शोध के आधार पर चार मुख्य

हिमकालों (ग्लूज, मिण्डेल, रिस तथा वर्म) का प्रतिपादन किया।

(ii) सरिता-अपरदन—सरिता-अपरदन का विषय ऐसा रहा है, जिस पर हरे युग में शोधकार्य किया गया। यूरोपियन स्कूल इससे वंचित नहीं रह सका। सरिता-अपरदन की सामान्य दशाओं के अलावा कुछ विशिष्ट तथ्यों का भी प्रतिपादन किया गया। Jukes नामक विद्वान ने 1862 ई० में नदियों की घाटियों के विकास के सम्बन्ध में नवीन मत का प्रतिपादन किया। उसने बताया कि सरचना (भूगर्भिक) के आधार पर नदियाँ दो तरह की होती हैं। सरचना के आर-पार या अनुप्रस्थ दिशा (Across the geological structure) में प्रवाहित होने वाली नदियाँ, 'अनुप्रस्थ सरिता' (Transverse streams) तथा सरचना की दिशा में या उसके समानान्तर बहने वाली नदियाँ अनुदैर्घ्य सरिता (Longitudinal streams) होती हैं। उसने प्रतिपादित किया कि अनुप्रस्थ नदियों का आविर्भाव अनुदैर्घ्य की अपेक्षा पहले होता है। आगे चलकर जर्मनी में अपरदन-चक्र (Cycle of erosion) के विषय में पर्याप्त विकास हुआ। प्रसिद्ध जर्मन विद्वान वाल्थर पेन्क (Walther Penck) ने अमेरिकी विद्वान डेविज द्वारा प्रतिपादित "भौगोलिक चक्र" की आलोचना की तथा डेविज द्वारा कल्पित अपरदन-रहित स्वरित उत्थान को निराधार बताया। उसने यह दर्शाया कि यह कदापि सम्भव नहीं है कि उत्थान की पूर्ण समाप्ति के बाद ही अपरदन प्रारम्भ होगा। इसके विपरीत अपरदन तथा उत्थान साथ-साथ प्रारम्भ होते हैं। प्रारम्भ में उत्थान मन्द गति में होता है, परन्तु कुछ समय बाद स्वरित गति में होता है। और आगे चलकर उत्थान समाप्त होता है, परन्तु अपरदन, चक्र के अन्त तक चलता रहता है। पेन्क ने डेविज द्वारा वर्णित अपरदन-चक्र की तीन अवस्थाओं (तहना-वस्था, प्रोढावस्था तथा जीर्णवस्था) का भी खण्डन किया।

वास्तव में पेन्क को समझने में लोगों ने पर्याप्त भूल की है। इसके दो कारण बताये जा सकते हैं—(i) पेन्क ने अपने विचारों को दुरुह जर्मन भाषा में सजोया है तथा (ii) पेन्क की मृत्यु के समय तक उनकी पुस्तक अधूरी रह गयी थी। जो प्रारम्भिक रूपान्तर अंग्रेजी भाषा में हुए वे भ्रामक थे। पेन्क ने ढाल से सम्बन्धित विचारों के विषय में लोगों से यही धारणा रही है कि पेन्क ढालों के गमानान्तर निवर्तन में विश्वास करते थे, जो सही



नहीं है। इस पुस्तक के पिछले संस्करणों में भी यही अवधारणा व्यक्त की गयी थी। उनकी मान यह अवधारणा थी कि तीव्र ढाल में मन्द ढाल की, अपेक्षा तेजी से निवर्तन होता है। उन्होंने उदाहरण के लिये एक ऐसे तीव्र ढाल को लिया जो घाटी तल में गीछे ऊपर खड़ा होता है। इस तीव्र ढाल पर चारों ओर में अपभ्रम का प्रभाव होता है जिस कारण उगने दूर तरह निवर्तन होता है कि ढाल के कोणी में अन्दर नहीं होता है। इस मुक्तपृष्ठ ढाल (Free Face) की पदरथनी पर एक ढनुआ सतह का आविर्भाव होता है जिसे ऐम्बेन न हलडे-नहैम नाम दिया है। इस ढनुआ मगर से ऊपर स्थित मुक्तपृष्ठ के अपभ्रम में प्राप्त मनवा का परिवहन नदी में होना रहता है। इस द्वितीय मन्द ढाल इकार्ड की नीचे श्री अधिक मन्द ढाल इकार्ड के मृजन से प्रतिस्थापना (Replacement) हो जाती है। परिणाम यह होगा कि एक अवतल ढाल परिवर्तितिका निर्माण होता है जो घाटी-तल में दूर हानी जाती है तथा उपर बढ़ती जाती है। अन्ततः अवतल ढाल परिवर्तितिका का साम्राज्य हो जाता है। देखिये अध्याय 17

(iii) सागरीय अपरदन—सागरीय अपरदन के क्षेत्र में यूरोपियन स्कूल द्वारा किया गया योगदान भी महत्वपूर्ण है। मुख्य रूप से सागरीय तरंगों द्वारा होने वाले अपघर्षण (Abrasion) पर अधिक ध्यान दिया गया। सर रैमसे (Sir Andrew Ramsay) तथा रिक्त्तोंफेन (Baron Ferdinand Von Richthofen) ने इस क्षेत्र में महत्वपूर्ण कार्य किए। रैमसे ने वेल्स तथा दक्षिण-पश्चिमी इंग्लैंड के तटीय भागों में सागरीय अपघर्षण तथा रिक्त्तोंफेन ने चीन के उदाहरणों के आधार पर अपने मनो का प्रतिपादन किया। रैमसे को यह विश्वास था कि सागरीय अपरदन इतना समर्थ होता है कि वह स्थल भाग को नीचा करके समतल कर दे। झीलों की बेसिन के निर्माण में उनमें हिमनद के कार्य की स्वीकृति दी। वर्तमान समय में प्रोफेसर स्ट्रियर्स ने 'प्रयानमिति' तथा 'प्रयान द्वीप' के विषय में महत्वपूर्ण कार्य किया है।<sup>1</sup>

उपर्वृत विषयों में महत्वपूर्ण कार्यों के अलावा भू-आकृति विज्ञान के अन्य क्षेत्र में भी छिटपुट रूप से कार्य

किये गये। महत्वपूर्ण भागों में पवन द्वारा होने वाले अपरदनात्मक कार्यों का भी उल्लेख कई विद्वानों ने किया है। जर्मनी के प्रमुख विद्वान वाल्थर (J Walther),<sup>2</sup> तथा पासर्गे (Passarge)<sup>3</sup> ने अपने मराहनीय मनो का प्रतिपादन किया है। पासर्गे ने कालाहारी मरस्थल में रन्येलवर्ग का अध्ययन किया तथा उन्हें अपरदन-चक्र की अन्तिम स्थिति बताया। स्काटलैंड के आधुनिक विद्वान किंग महोदय (King, L. C.,<sup>4</sup> ने दक्षिणी अफ्रीका के स्थलरूपों का अध्ययन किया है। उन्होंने शुष्क तथा अर्धशुष्क देशों में विभेद स्थापित किया है। यूरोप में भू-आकृति विज्ञान पर पुस्तकों का लेखन तथा प्रकाशन उन्नीसवीं शती के अन्तिम दशक में प्रारम्भ होता है। सर्वप्रथम 'Paschel' महोदय ने 1869 ई० में "स्थलरूपों के विकास के सिद्धान्तों" के मकलन का प्रयास किया। रिक्त्तोंफेन ने Paschel के कार्य को आगे बढ़ाया। उन्होंने 1894 ई० में 'Morphologie de Erdoberfläche' नामक अपनी पुस्तक का प्रकाशन किया। प्रोफेसर स्ट्रियर्स ने 'The Unstable Earth' को 1932 तथा ऊटरिज एव मार्गान् ने 'The Physical Basis of Geography An Outline of Geomorphology' को 1937 ई० में प्रकाशित किया।

ब—अमेरिकन स्कूल—भू-आकृति विज्ञान के क्षेत्र में अमेरिकन स्कूल का योगदान सर्वाधिक माना जाता है। अरेले डेविस महोदय ने ही इतना कार्य किया है कि किसी अन्य स्कूल का सम्मिलित कार्य उतना नहीं हो पाया है। उन्नीसवीं शती के अन्तिम चरण और बीसवीं शती के प्रथम दो दशक के दौरान इस विज्ञान का सर्वाधिक विकास हुआ है। वास्तव में यह काल में केवल भू-आकृति विज्ञान में अमेरिकन स्कूल का ही वरन् समस्त विश्व में भू-आकृतिक विचारों के 'चरम विकास' का युग माना जाता है। इसी समय भू-आकृति विज्ञान के मूलभूत विषय-स्थलरूपों के विकास की निश्चित रूप प्रदान किया गया तथा उनके विकास में चक्रीय व्यवस्था का अवलोकन किया गया। इसी समय भूगर्भवेत्ताओं के संरक्षण में पश्चिमी संयुक्तराज्य अमेरिका का बृहद संवोधन किया गया, जिससे विभिन्न भू-आकृतिक मकल्पनाओं की पुष्टि

1. Steers, J.A., A.—The Queensland Coast and the Great Barrier Reef G. J. 1929 [Vol. 73].
- B.—The Coral Islands and Associated Features of the Great Barrier Reef, Geog. Journ. 89, 1920.
2. Walther, J., Das Genetz der Wustenbildung [Berlin 1900].
3. Passarge, S., Die Kalahari [Berlin 1904].
4. King, L. C., South African Scenery [Edinburgh 1951].

के लिए उदाहरण प्राप्त हुए। जमेस्विन स्कूट में पावेल, गिनबर्ट तथा डटन को अग्रणी माना जाता है। अग्रे चलकर डेविम ने विभिन्न सभ्यताओं का संवेदन करने तथा उन्हें मुनियोजित करने के इस विज्ञान की सम्बन्ध प्रदान किया। डेविम को, हम तरह, भू-आकृति विज्ञान का संरक्षक (Patron) माना जाना चाहिए।

—j) पावेल (Powell, J. W.)—अमेरिकी सैन्य सेवा के मेजर पावेल का जन्म 1834 ई० में हुआ था। उन्होंने देश सेवा के साथ ही साथ सैन्य पत्रन (1902 ई०) इस विज्ञान का सम्बन्ध तथा परिभाषा किया। पावेल ने कोलोरेडो पठार और Uinta Mountain<sup>2</sup> पर पर्यवेक्षण तथा शोध किया। उन्होंने सख्ता-अपरदन के विषय में अधिक महत्वपूर्ण योगदान दिया है। 'Uinta Mountain' की सभ्यताओं का पर्यवेक्षण एवं अध्ययन करने के बाद उन्होंने (सर्वप्रथम) बताया कि स्थलरूपों का वर्गीकरण भूगर्भिक सभ्यता के आधार पर किया जाना चाहिए। नदियों की घाटियों ने वर्षाचरण के लिए, उन्होंने दो आधार बताये—सभ्यता तथा उत्पत्ति का आधार। उत्पत्ति के आधार पर उन्होंने नदियों की घाटियों को पूर्वाधीनित घाटी (Superimposed Valley), अनुवर्ती घाटी (Consequent Valley), पूर्ववर्ती घाटी (Antecedent Valley) आदि प्रकारों में विभाजित किया। पार्श्व प्रथम स्थिति में जिन्होंने बताया कि नदियों द्वारा होने वाले अधिकतम अपरदन की अन्तिम सीमा होती है, जिसमें जाँच अपरदन नहीं होता है। इस सीमा की प्राप्ति के बाद स्थलरूप कम-प्रथम हो जाता है। अपरदन की इस अन्तिम सीमा को उन्होंने आधार तल या चर्म तल (Base level) की संज्ञा प्रदान की। अपरदन की अन्तिम सीमा मातर-तल द्वारा निर्धारित होती है। अपरदन की अन्तिम सीमा के प्राप्त हो जाने पर स्थलरूप एवं आकृतिविहीन समतल मैदान में परिवर्तित हो जाता है। परन्तु हम अन्तिम स्थलरूप के लिए पावेल जिन्नी नामावली का प्रयोग नहीं कर रहे। अग्रे चलकर डेविम ने ऐसी स्थलाकृति को 'पेनोसेन' की संज्ञा प्रदान की। उन्होंने पार्श्विक अपरदन (Lateral erosion) द्वारा जल विभाजकों के द्विगमन

तथा सँकरे होने की प्रवृत्ति का भी अवलोकन किया, परन्तु हम पर वे किन्हीं व्यवस्थित विचारों का प्रतिपादन नहीं कर रहे। अपरदन के आधारतल (Base-level of erosion) के विषय में पावेल की निम्न परिभाषा उल्लेखनीय है

We may consider the level of the sea to be a grand base-level, below which the dry lands cannot be eroded, but we may also have, for local and temporary purposes, other base-levels of erosion, which are the levels of the beds of the principal streams which carry away the products of erosion. What I have called base-level would, in fact, be an imaginary surface, inclining slightly in all its parts toward the lower end of the principal stream draining the area through which the level is supposed to extend, or having the inclination of its parts varied in direction as determined by tributary streams"

आगे चरकर मॅलॉट (Malott-1928) ने बताया कि पावेल के उपर्युक्त कथन में तीन तरह के आधार-तलों (Ultimate, local तथा temporary) का आभास मिलता है।<sup>3</sup>

(ii) गिलबर्ट (Gilbert, G. K., 1843 to 1918) —गिनबर्ट को अमेरिका का प्रथम वास्तविक भू-आकृति विज्ञानवेत्ता (Geomorphologist) माना जाता है। उन्होंने सख्ता द्वारा होने वाले पार्श्विक अपरदन (Lateral erosion) का अधिक अध्ययन किया तथा बताया कि उपर्युक्त किया द्वारा नदी अपनी घाटी का विस्तार करती है। उन्होंने (सबसे पहले) नदी-भोझ (Load, तथा उमर (नदी) आयतन (Volume), गति (Velocity) तथा ढाल-प्रवणता (Slope gradient) में सम्बन्ध स्थापित किया। नदी-वेदिकाओं (River terraces,<sup>4</sup> के विषय में उन्होंने बताया कि वे नदी-अपरदन का परिणाम होती हैं न कि निक्षेप का। निम्नानुसार प्रस्ताव<sup>5</sup> के इतिहास तथा उत्पत्ति के विवरण में गिनबर्ट

1. Powell, J. W. [1876], Exploration of Colorado River of the West, p. 203, Smithsonian Institution, Washington
2. Malott, C. A. [1928]-Base level and its Varieties, Indiana University Studies, 82, pp. 37-59
3. Gilbert, G. K. [1877]-Report on Geology of the Henry Mountains, pp. 170-172.
4. Gilbert, G. K. [1895]-Niagara Falls and their history, Natl. Geog. Mag., 1, pp. 203-236

के विवरण अधिक दिलचस्प है। गिलबर्ट ने हेनरी पर्वत के अध्ययन के बाद बताया कि असमतल कटक (Asymmetrical ridge) के तीव्र ढाल पर प्रवाहित होने वाली सरिता मन्द ढाल पर बहने वाली सरिता की अपेक्षा अधिक अपरदन करती है। परिणामस्वरूप जल-विभाजन अधिक सत्रिय नदी की ओर से कम सत्रिय नदी की ओर घिसबता जात है। गिलबर्ट के इस मिद्धान्त को "Law of unequal slope" के नाम से जाना जाता है।

(iii) डटन (Dutton, C.E. 1841-1912)—सतुलन के मिद्धान्त के क्षेत्र में डटन का योगदान महत्वपूर्ण है। डटन प्रथम व्यक्ति थे जिन्होंने, Isostasy शब्द का प्रयोग सबसे पहले (1880 ई०) किया था। उन्होंने अलग-अलग स्थलरूपों का अध्ययन किया। उन्होंने एक ऐसे काल का प्रतिपादन किया जिस समय कोनोरेटो पठार में सर्वाधिक निम्नीकरण (Degradation) हुआ। इसे उन्होंने "The Great Denudation" के नाम से सम्बोधित किया।

(iv) डेविस (Davis, W. M. 1840-1940)—भू-आकृति विज्ञान के क्षेत्र में डेविस मध्यम बहुचर्चित विद्वान रहे हैं। इस विज्ञान का कोई ऐसा कोना नहीं बचा है, जहाँ पर इस विज्ञान की रीढ़ी दृष्टि न पहुँची हो। भूआकृतिक विचारों तथा सकल्पनाओं के विषय में जिसना डेविस ने लिखा है उतना आज तक कोई विद्वान नहीं लिख सका है। हमने पहले अमेरिकन स्कूल के विद्वानों के विचार विखरे हुए थे परन्तु डेविस ने उन्हें संजोकर एक व्यवस्थित तथा क्रमबद्ध विज्ञान का रूप दिया जिसने भू-आकृति विज्ञान को एक नई दिशा मिली। इसी कारण से अमेरिकन स्कूल को 'डेविसियन स्कूल' (Davisian School) के नाम से भी माना जाता है। शास्त्र में दृढित मौलिक विचारक परिभाषाकार, व्याख्यातार तथा किसी भी वस्तु को व्यवस्थित तथा क्रमबद्ध रूप देने वाले विद्वान् थे। उन्होंने अपने प्रथम

'पैपर' का प्रकाशन 1880 ई० में किया तथा अन्तिम दश तक कुल मिलाकर 400 'पैपर' तथा पुस्तकों का प्रकाशन किया। इनका सर्वाधिक समय स्थलरूपों के अध्ययन तथा व्याख्या में व्यतीत हुआ।

स्थलरूपों के विकास के सम्बन्ध में डेविस ने 'चक्रीय व्यवस्था' का प्रतिपादन किया। उन्होंने बताया कि किसी स्थलरूप का विकास विभिन्न अवस्थाओं से होकर होता है। भू-आकृति विज्ञान के क्षेत्र में डेविस ने 'अपरदन-चक्र' (Cycle of erosion) तथा 'भूआकृतिक चक्र' (Geomorphologic Cycle) की सकल्पना का प्रतिपादन किया। अपरदन-चक्र को 'भौगोलिक चक्र' की संज्ञा प्रदान की। डेविस ने बताया कि 'भौगोलिक चक्र' वह अवधि होता है जिसके दौरान कोई ऊपर उठा हुआ स्थलखण्ड अपरदन के प्रक्रमों से प्रभावित होकर, अन्ततः आकृति विहीन निम्न मैदान में बदल जाता है।<sup>1</sup> अपरदन-चक्र के अन्त में तिमित स्थलाकृति के लिए उन्होंने 'पेनीप्लेन' (Peneplain) शब्द का प्रयोग किया। अपरदन-चक्र के समय उन्होंने स्वरित उत्थान माना है। उत्थान की समाप्ति के बाद ही अपरदन प्रारम्भ होता है। तरणावस्था, प्रौढ़ावस्था तथा जीर्णावस्था से गुजरने के बाद स्थलखण्ड अपरदन के आधार-तल (Base level) की प्राप्ति हो जाता है तथा पेनीप्लेन में बदल जाता है जिसके प्रमुख लक्षण मांटाड-नाक होते हैं। जर्मन विद्वान 'वाल्टर पेन्क' ने डेविस के अपरदन-चक्र के मिद्धान्त का विरोध करते हुए बताया कि अपरदन तथा उत्थान साथ-साथ चलते हैं। उनमें डेविस द्वारा बतायी गई अपरदन-चक्र की तीन अवस्थाओं का भी विरोध किया। डेविस ने आगे चलकर नदी-अपरदन-चक्र के आधार पर<sup>2</sup> शुष्क अपरदन चक्र (Arid cycle of erosion),<sup>3</sup> मागरीय अपरदन-चक्र, हिमानी अपरदन-चक्र आदि सकल्पनाओं का उल्लेख किया। डेविस ने बताया कि स्थलरूपों के विकास में सरचना, प्रक्रम तथा अवस्था का पर्याप्त महत्व होता है। इस आधार पर

1. The Geographic cycle is a period of time during which an uplifted landmass undergoes its transformation by the process of land sculpture ending into low featureless plain—Davis, W.M.
2. Davis W.M. [1899]—The Geographical cycle, Geog. J., 14. pp. 411-504 and also in Geographical Essays, pp. 249-278, Ginn & Co., New York.
3. Davis, W.M. [1902] A—Base level, Grade and Peneplain, J. Geol., 10 pp. 77-111 and also in Geog. Essays pp. 381-412, Ginn and Co. New York. B—[1923] The Scheme of Erosion Cycle, J. Geol., 31. pp. 10-25
4. Davis, W.M. [1905]—The Geographical cycle in an arid climate. J. Geol., 13, pp. 381-407, and also in Geographical Essays, 296-322. Ginn & Co., New York

उसने एक नवीन मंकल्पना को जन्म दिया—“स्थलरूप, मरचना, प्रक्रम तथा अवस्था का प्रतिफल होता है”—  
Landscape is a function of structure, process and stages; डेविम ने 1909 ई० में अपने विचारों को “Geographical Essay” नामक पुस्तक के रूप में प्रकाशित किया। इस पुस्तक के अन्तर्गत डेविम के अधिकांश पेपर का समेकन किया गया है।

डेविम के बाद भी अमेरिकन स्कूल में नवीन भ्वाकृतिक विचारों का सम्पादन चलता रहा। जम अगरी पीडी ने भू-आकृति विज्ञान को एक उन्नत विषय के रूप में विकसित किया तथा उस पर पुस्तकें भी लिखीं। अमेरिकन स्कूल के अन्य विद्वानों में जानसन (Johnson, D. W.), मैलाट (Malott, C. A.), मेयरहॉफ (Mayerhoff, H. A.), ओमस्टेड (Olmsted, E. W.), थॉमसन (Thompson, H. D.), काटन (Cotton, C. A.), शार्प (Sharp R. P.), शार्प (Sharp, C. F. S.), लोबेक (Lobeck, A. K.), थॉर्नबरी (Thorbury, W. D.) आदि प्रमुख हैं।

भ्वाकृतिक विचारों के इतिहास की उपर्युक्त व्याख्या से यह स्पष्ट हो गया है कि भू-आकृति विज्ञान को विकास की कई अवस्थाओं से होकर गुजरना पड़ा है। स्थलरूपों का अध्ययन ही भ्वाकृतिक विज्ञान का प्रधान विषय है। अतः स्थलरूपों के आधार पर भू-आकृति विज्ञान के ऐतिहासिक विकास में निम्न अवस्थाओं का प्रतिपादन किया जा सकता है—(1) सर्वप्रथम स्थलरूपों को स्थिर तथा अपरिवर्तनशील एवं शाश्वत (Everlasting) माना गया था। (2) इसके बाद स्थलरूपों की स्थिरता से नई विद्वानों का विश्वास उठ गया। परिणामस्वरूप अस्थिर तथा परिवर्तनशील स्थलरूपों को मान्यता दी गई। अपरदन को व्यापक स्वीकृति मिली। निम्नीकरण (Degradation) की विचारधारा का मूलपात हुआ। यद्यपि इस विचारधारा का प्रस्फुटन प्राचीन काल में ही हो गया था परन्तु इसका चरम विकास हटन के समय हुआ। (3) इसके पहले ही हटन के विचारों का मूलपात होता, भू-आकृति विज्ञान की “आकस्मिकवादिता” (Catastrophism) के भी युग से होकर गुजरना पड़ा। इस युग में स्थलरूपों का निर्माण आकस्मिक तथा त्वरित रूप में माना गया (4) इस विचारधारा के विरोध में ‘एकरूपवादिता’ (Uniformitarianism) का आविर्भाव हुआ। “नदीयाँ अपनी घाटियों का स्वयं निर्माण करती हैं” की

विचारधारा को पूर्ण समर्थन प्राप्त हुआ। (5) अन्त में यह मान लिया गया (प्रमाणों के आधार पर) कि प्रवाही जल (Running water) सोद्देश्य कार्य करता है। उसका कार्य एक निश्चित प्रणाली के अन्तर्गत सम्पादित होता है। इसी समय ‘अपरदन-चक्र’ तथा ‘भ्वाकृतिक चक्रों’ (Geomorphic cycles) का व्यापक प्रयोग किया गया। यदि तुलनात्मक दृष्टि में देखा जाए तो स्पष्ट हो जाता है कि वर्तमान समय में भू-आकृति-विज्ञान के विकास में कुछ गतिधनता सी आ गई है।

आधुनिक भू-आकृति विज्ञान (Modern Geomorphology)—पिछले कुछ दशकों से भू-आकृति विज्ञान के क्षेत्र में जो कुछ हो रहा है उसमें आधार पर इस विज्ञान का भविष्य उज्ज्वल नहीं बताया जा सकता। क्योंकि विषय को जानबूझ कर दुर्बल तथा अव्यवस्थित बनाया जा रहा है। इस विज्ञान में भी गणित के नियमों तथा समीकरणों का समावेश किया जा रहा है। यद्यपि इससे एक लाभ यह हो रहा है कि प्रस्तुत विज्ञान ‘मात्रात्मक’ (Quantitative) होता जा रहा है, जो कि निःसंदेह एक अच्छी दिशा है, परन्तु गणित का प्रयोग उसी सीमा तक होना चाहिये जहाँ तक कि विषय मूलविषय तथा बोधगम्य बना रहे। भू-आकृति विज्ञान निश्चित रूप में स्थलरूपों का अध्ययन है, अतः इसमें गणित, भौतिकी तथा रसायनशास्त्र का प्रयोग सीमित रूप में करना चाहिए। किन्तु विज्ञान के क्षेत्र में गणित का प्रयोग अपनी वास्तविक दिशा को छोड़ बैठे। सर्वाधिक प्रख्यात भू-आकृति विज्ञान-वेत्ता, डेविम एक महान गणितज्ञ भी थे परन्तु उन्होंने स्थलरूपों के अध्ययन तथा व्याख्या में कभी भी गणित के नियमों तथा समीकरणों का प्रयोग नहीं किया। उन्होंने अपने विचारों को कभी भी मात्रात्मक रूप में प्रकट करना नहीं चाहा। डेविम महोदय ने भू-आकृति विज्ञान को भूगोल की एक महत्वपूर्ण शाखा के रूप में लिया था परन्तु आज उन्हीं के देश में इस विज्ञान को भूगर्भशास्त्र के अन्तर्गत समाविष्ट किया जा रहा है। परिवर्तन का महत्वपूर्ण कारण भू-आकृति विज्ञान से भूगोलवेत्ताओं की दिलचस्पी का उठ जाना ही बताया जा सकता है।

वर्तमान भू-आकृति विज्ञान की विशेषता उसके ‘प्रादेशिक रूप’ में है। आज इस विज्ञान के क्षेत्र में भी ‘प्रादेशिक संरचना’ (Regional Concept) का समावेश हो रहा है। इस आधार पर भू-आकृति विज्ञान का अध्ययन कई रूपों में किया जाता है। विश्व

**भू-आकृति विज्ञान<sup>1</sup>** (World Geomorphology) के अन्तर्गत समस्त ग्लोब का अध्ययन सधु मापक पर किया जाता है। स्थल-तथा जल के वितरण एवं महाद्वीपीय प्रवाह पर अधिक बल दिया जाता है। 'विश्व व्यापक अपरदन, मतलब' (Worldwide erosion surface) का अध्ययन प्रधान हुआ करता है। किंग महोदय (King L. C.) इन तरह के अध्ययन में प्यन्त है। अध्ययन की सुविधा के लिए प्रत्येक महाद्वीप की स्थलाकृतियों का अलग-अलग अध्ययन किया जाता है। इसे महाद्वीपीय भू-आकृति विज्ञान (Continental Geomorphology) कहते हैं। महाद्वीपों के आकृतिक प्रकारों (Morphological types) पर अधिक बल दिया जाता है। इनके अन्तर्गत पर्वतीय मण्डलाओं (Orogenic belts), प्राचीन दूढ़ भूखण्ड, बेसिन, होल्ड, भू-ध्रुवा घाटियों (Rift Valleys) आदि प्रकारों को सम्मिलित किया जाना है। इस तरह के विवरण किंग (King L. C.) महोदय की पुस्तक (1962) "Morphology of the Earth" में मिलते हैं। सागर समस्त ग्लोब के 70.8 प्रतिशत भाग को प्रदर्शित करते हैं। इस आधार पर पिछले दो दशकों से सागर-तली के स्वरूपों के अध्ययन पर भी बल दिया जा रहा है। इसे "सागर-नितल-भू-आकृति विज्ञान" (Geomorphology of the Ocean floor) कहते हैं। अध्ययन की सुविधा के लिए पुन महाद्वीपों को भी छोटे-छोटे भागों में विभक्त कर लिया जाता है तथा इन छोटे भागों के स्वरूपों का सामूहिक अध्ययन किया जाता है। इन सधु क्षेत्रों का भू-आकृति विज्ञान" (Geomorphology of areas of lesser dimension) कहते हैं। इसके अन्तर्गत रासवर 'अनलछादन कालानुक्रम' (Denudation Chronology) का अध्ययन ग्रेट ब्रिटेन तथा न्यूजीलैंड में किया जाता रहा है। इस प्रणाली के अन्तर्गत स्थलरूपों के ऐतिहासिक विकास को महत्ता दी जाती है। इस अध्ययन के लिए डेविस की "चक्रीय मकल्पना" (Cycle Concept) को आधार बनाया जाता है।

आधुनिक भू-आकृति विज्ञान की अगली विशेषता प्रयोगशालाओं में किये जाने वाले प्रयोग के रूप में है। कई देशों (खासकर संयुक्त राज्य अमेरिका तथा ग्रेट ब्रिटेन) में इस उद्देश्य के लिए प्रयोगशालाओं की स्थापना की गई है जिनमें तरंगों (Waves), धाराओं (Currents) तथा नदियों के "जनीय नियमों" (Hydraulic Laws) का प्रयोग तथा परीक्षण किया जाता है। परन्तु यह शोर का विषय है कि यह कार्य भूभग्वेत्ताओं द्वारा सम्पादित न होकर अभियन्ताओं द्वारा किया जा रहा है, जिस कारण परिणाम कठिन तथा अव्यक्त होते हैं। यही कारण है कि ऐसे प्रयोगों की ओर भू-आकृति विज्ञान के विद्वानों (कुछ अपवादों को छोड़कर) का रुकाव नहीं हो पा रहा है।

मोटे तौर पर भू-आकृति विज्ञान के आधुनिक विचारकों को तीन वर्गों में विभाजित किया जाता है। इस आधार पर वर्तमान समय में भू-आकृतिक विचारों के तीन विभिन्न 'स्कूलों' का प्रतिपादन किया जा सकता है। प्रथम वर्ग के अन्तर्गत 'गतिशील' (Mobilistic Concept) को सम्मिलित किया जाता है। इस 'स्कूल' का विकास जर्मन विद्वान वाल्टर पेन्क के विचारों के आधार पर किया गया है। इस स्कूल के अन्तर्गत स्थलीय भागों की स्थिरता को मान्यता नहीं दी जाती है। भूपटल अत्यन्त अस्थिर (Unstable) है, अतः विस्तृत अपरदन-नात्मक सतहों (Wide erosion surface) का निर्माण नामुमकिन है। वर्तमान समय में पेन्क के वास्तविक अनुयायी कम रह गये हैं। उनके विचारों में कुछ संशोधन किया गया है। इनके अनुसार सामान्य प्रकार के स्थल-रूपों का विकास कम समय होता है जब कि भू-पटलीय उत्थान तथा अनाच्छादन (Denudation) समान गति से सम्पादित होते हैं। ऐसी स्थलकृति में उच्चावच साधारण होते हैं। इस तरह के विचारों का विकास जर्मनी फ्रान्स, मोनियन रूस आदि देशों में हो रहा है। द्वितीय वर्ग के अन्तर्गत स्थलरूपों के विकास तथा उनके विभिन्न प्रकारों में अन्तर के कारणों का जलवायु बताया

1. King Cuthbert A. M 1967—Techniques in Geomorphology. Edward Arnold [Publishers] Ltd. London, Chapter I. pp. 1-17.
2. A—Brown, E. H. 1960—The relief and drainage of Wales Cardiff.  
B—Wooldridge, S. W. 1950—The upland plains of Britain Adv. Sci. 7, pp. 162-175.  
C—Wooldridge, S. W. & Linton, D. L. 1955—Structure surface and drainage in South East England, London.
3. Cailleux, A. and Tricart, J. 1954—Le modele des chaines plissees. G. D. U.

जाता है। विशिष्ट प्रकार की जलवायु विभिन्न प्रकार की स्थलाकृति का सृजन करती है। पेल्टियर महोदय<sup>1</sup> ने इस प्रणाली का प्रयोग जमकर किया है। किंग महोदय<sup>2</sup> ने डेविस द्वारा बताये गये स्थलरूपों को प्रभावित करने वाले तीन कारकों (संरचना, प्रक्रम तथा अवस्था) में प्रक्रम (Process) को प्रथम स्थान देते हुए उसे सर्वाधिक महत्वपूर्ण बताया है। चूंकि प्रक्रम विघेयकर जलवायु पर आधारित होता है, अतः बिग के अनुसार स्थलाकृति के प्रकारों के निर्धारण में जलवायु का महत्वपूर्ण हाथ होता है। ढाल का विकास तथा रूप जलवायु पर आधारित होता है। इस तरह जलवायु नदी तथा उसकी घाटी के विकास में सहायक होती है। किंग महोदय (King L. C.) ने अपरदन-चक्र के अन्त में डेविस द्वारा बताई गई पेनोप्लेन की स्थिति को अस्वीकार कर दिया<sup>3</sup> परन्तु यह अवधारणा निश्चय ही अतिपूर्ण है। अधिकांश विद्वान यह मानते हैं कि विभिन्न प्रकार की जलवायु में अपरदन-चक्र (दीर्घकालीन) के अन्त में उत्पन्न स्थलाकृति भिन्न-भिन्न होगी। तीसरे वर्ग को **मुख्यैतिक विचारधारा (Eustatic concept)** के अन्तर्गत रखा जाता है। इस विचारधारा का प्रचलन सर्वप्रथम स्वेस ने 1888 में किया था। उसने बताया कि पर्वतीय मेखलाओं को छोड़कर अधिकांश महाद्वीपीय भाग स्थिर रहे हैं। केवल सागर-तल में मुख्यैतिक परिवर्तन (Eustatic changes) हुआ करते हैं। इस सिद्धान्त के आधार पर विस्तृत धौली में ऊँचाई के आधार पर अपरदनात्मक सतहों में सह-सम्बन्ध (Correlation) स्थापित किया जा सकता है। इस विचारधारा के समर्थक कम हो गये हैं।

#### अभिनव प्रवृत्तियाँ (Recent trends)

पिछले तीन दशकों में तथाकथित भू-आवृत्ति विज्ञान-वेत्ताओं ने विषय को जीवन्त स्वरूप प्रदान करने का भगीरथ प्रयास किया है। 1930-40 के दशक के उत्तरार्ध में क्रुश्चोन द्वारा भूविज्ञान (Geology) में सांख्यिकीय तकनीकों के प्रयोग से प्रेरित होकर हार्टन ने प्रवाह-भेदिनी की भू-आकारिकी के विश्लेषण के लिए सांख्यिकीय तथा गणितीय विधियों पर आधारित आणविक-मिति उपागम (Morphometric approach) का

प्रयोग किया (1945)। 1950 में स्टालर का कार्य इस दिशा में अग्रसर हुआ। इन्होंने भू-आकारिकी में 'रेखीय सांख्यिकीय तकनीक' (Linear statistical techniques) का प्रयोग किया, मुख्यरूप से प्रतीपगमन तथा प्रसरण विश्लेषण (Regression and Variance analysis) को महत्ता प्रदान की। 1950-60 दशक के अन्त तक बहुगुणी प्रतीपगमन विधि (Multiple regression methods) का प्रचलन प्रारम्भ हो चुका था। 1960 से एलेक्ट्रॉनिक कम्प्यूटर की सहायता से भू-आवृत्तिक समकों (Data) का विश्लेषण प्रारम्भ हुआ। परिणामस्वरूप 'रेखीय विश्लेषण' (Linear analysis) के अलावा 'स्थानिक विश्लेषण' (Spatial analysis) का दौर प्रारम्भ हो गया। इस तरह पिछले दशक के प्रथम वर्ष (1971) से भू-आकारिकी में आधुनिक सांख्यिकीय तकनीक का प्रयोग व्यापक स्तर पर प्रारम्भ हो गया।

वर्तमान समय में भू-आकारिकी के 'स्थानिक निर्देशांक' (Spatial coordinates) के विश्लेषण के लिए बहुगुणी सांख्यिकीय तकनीक, 'अनुक्रमिक बहुगुणी प्रतीपगमन (Sequential multiple regression), 'बहुपद प्रवृत्ति सतह विश्लेषण' (Polynomial trend surface analysis), 'हारमोनिक तथा प्रसरण (Variance) स्पेक्ट्रा विश्लेषण' (सरिता-जलमार्ग प्रारूप के लिए), 'हारमोनिक विश्लेषण (विस्तृत धरातल के लिए), 'फैक्टर विश्लेषण (स्थलाकृति के वर्गीकरण के लिए), 'मार्कोव-सुल्य विश्लेषण (सरिता-जलमार्ग के लिए), स्थानिक साइमुलेशन (सरिता-जाल Network के लिए) आदि विधियों का प्रयोग किया जा रहा है।

भू-आकृतिक समकों, उपागो तथा स्थानिक निर्देशांक के विश्लेषण में उपर्युक्त सांख्यिकीय विधियों का प्रयोग वैयक्तिक स्तर तक ही सीमित रहा है। इन विधियों के प्रयोग में विद्वानों की अन्यमनस्कता, विधियों की दुर्लभता तथा अवोधगम्यता, विद्वानों में गणितीय आधार (Mathematical base) का अभाव, कुछ लोगों में इनके प्रयोग में तटस्थ मनोभाव आदि कारणों के फलस्वरूप इन विधियों का प्रयोग मन्द गति से हुआ है। वास्तव में डेविस के चक्रीय तथा अनाच्छादन बालानुक्रम उपागम के

1. Peltier, J. C. 1950—The geographical cycle in periglacial regions *Assoc Am Geog.* 40, pp. 213-236.

2. King, L. C. 1953—Canons of landscape evolution *Bull Geol Soc Amer* 64 pp. 721-752.

बाद भू-अकारिकी के प्राण में जनित 'संकल्पनात्मक अन्तराल' (Conceptual vacuum) की पूर्ति के लिये, यद्यपि छिटपुट एवं वैयक्तिक स्तर पर ही, कुछ भू-आकृति विज्ञान वेत्ताओं, अभियन्ताओं, भू-विज्ञान वेत्ताओं तथा जलविज्ञान वेत्ताओं, ने आवश्यकता से अधिक तत्परता दिखायी। परिणामस्वरूप विषय को अमूर्त रूप (Abstract form) प्रदान कर दिया, जिस कारण इस सांख्यिकीय/गणितीय उपयोग के न केवल आलोचक वर्ग विरोधी भी उत्पन्न हो गये। होवार्ड (1971) ने इन तकनीकों के अमूर्त प्रयोग के विरोध में लोगों को आगाह करते हुए बताया है—“कम्प्यूटर साइमुलेशन के आसार पर जननिक प्रक्रमों का माधारीकरण करना खतरनाक है—‘It is dangerous to generalize about genetic processes from computer simulations’”. कई भू-आकृति विज्ञानवेत्ताओं द्वारा यह महसूस किया जाता है कि परिमाणान्तरक जलीय भू-आकारिकी की तबनीक प्रवाह-जाल (Drainage network) का स्वतन्त्र विवरण तो प्रस्तुत कर सकती है परन्तु उसकी व्याख्या (Explanation) नहीं कर सकती।

**सिस्टम संकल्पना (System Concept)**—बर्टलान्फी (Von Bertalanffy 1950) की 'जनरल सिस्टम थियरी' की संकल्पना का अनुकूलन (Adaptation) भू-आकृति विज्ञान में किया गया है। वस्तुओं के समुच्चय को 'सिस्टम' कहते हैं, जिनके अन्तर्गत एक वस्तु का दूसरे वस्तु में सम्बन्ध तथा (उनके) वस्तु से सम्बन्ध तथा उनके (वस्तुओं) वैयक्तिक गुणों का अध्ययन करते हैं।<sup>1</sup> स्वाकृतिक सिस्टम स्थलरूपों का एक समाकल्पित सम्मिश्रण रूप (Integrated Complex) होता है जिसका कार्यान्वयन एक निश्चित प्रणाली के अन्तर्गत होता है। सिस्टम के सफल एवं सतत कार्यान्वयन के लिये ऊर्जा-निवेश (Energy input) तथा सूर्यातप उत्पादन आदि तथा पदार्थ-निर्गम (Matter output) के बीच सामन्त का होना अत्यावश्यक है। सिस्टम की तात्कालिक अवस्था या दशा को सिस्टम स्थिति या अवस्था (System 'State') कहाँ है। 'सिस्टम दशा' के अन्तर्गत उमरो: मघटन (Composition), संगठन (Organization) तथा ऊर्जा एवं पदार्थ-प्रवाह को सम्मिलित करने हैं। इस तरह के सिस्टम का कार्यान्वयन समय के परिवेश

में अचर या स्थायी (Steady) हो सकता है या परिवर्तनशील। सिस्टम के अन्तर्गत कई उप सिस्टम होते हैं। यदि पृथ्वी-मतलह को सुपर सिस्टम मान लिया जाय तो उसके अन्तर्गत अनेकानेक उपसिस्टम होंगे। इस तरह स्वाकृतिक सिस्टम समस्त स्थलरूप-मसूहों से युक्त 'सुपर-सिस्टम' का एक भाग है तथा कई 'उपसिस्टम' में मिल कर बना माना जा सकता है। एक उपसिस्टम दूसरे उपसिस्टम से निवेश-निर्गम (Input-output) मूल्यमता (Linkage) से आवद्ध होते हैं। उदाहरण के लिये एक पहाड़ी की अनुदोर्ध्व परिच्छेदिका के उपसिस्टम में वर्षा के रूप में निवेश (Input) की ऊर्जा मिलती है तथा अपरदन द्वारा पदार्थ (Debris matter) जनि होता है। यह पदार्थ जो ढाल परिच्छेदिका का निर्गम (Output) है, ढाल की पदस्थिती पर स्थित मरिती के निश निवेश (Input) बनता है।

स्वाकृतिक सिस्टम को संवृत (Closed, बन्द) तथा विवृत (Open खुला) सिस्टम में विभाजित किया जा सकता है। संवृत सिस्टम उन्ने कहते हैं जिसकी सीमा सुनिश्चित होती है तथा न तो पदार्थ, न ऊर्जा इसकी सीमा का अतिगमन कर सकती है। डेविस का 'भौगोलिक चक्र' मघट सिस्टम का उदाहरण है। अपरदन के पहले उत्पादन के कारण जनि अधिकतम ऊँचाई में प्राप्त स्थितिज ऊर्जा (potential energy) के साथ चक्र प्रारम्भ होता है। समय के साथ चक्र के अपरदन होने पर (अनाच्छादन के कारण) ऊँचाई तथा ऊर्जा दोनों में ह्रास होता है। चक्र के अन्त में समप्राय मैदान के निर्माण के समय ऊर्जा न्यूनतम हो जाती है। जैसे-जैसे निम्नवर्ती अपरदन (Down wearing) द्वारा उच्चावच्च घटता जाता है, ऊर्जा भी घटती जाती है। चक्र की अन्तिम अवस्था में उच्चावच्च स्थूलतम रह जाता है, अतः ऊर्जा भी न्यूनतम हो जाती है। यह सम्भाव्य है कि चक्र के बीच में नवोन्मेष द्वारा (या तो स्थलखण्ड के उत्पादन द्वारा या मागर-तल में स्थानान्तरण) परिवर्तन होने से) ऊर्जा में अल्पकालिक वृद्धि हो सकती है। चंचल चक्र के अन्त में ही साम्यावस्था की वास्तविक स्थिति आ पाती है। इस तरह मघट सिस्टम स्थूलतम के अध्ययन के ऐतिहासिक उपयोग का परिचायक है। विवृत सिस्टम में ऊर्जा का सतत

1. 'A system may be defined as a set of objects that are considered together by studying their relationship to each other and their individual attributes' —C. A. M. King, 1966, Techniques in Geomorphology, Edward Arnold (Publishers) Ltd., London.

नवीनीकरण तथा पदार्थ का निष्कासन होता रहता है जिस कारण सिस्टम का कार्यान्वयन इस तरह होता रहता है कि स्थायी अवस्था (Steady state) प्राप्त हो जाती है। प्रवाह-व्येसित विद्युत सिस्टम का सुन्दर उदाहरण प्रस्तुत करती है जिसमें वर्षा के रूप में ऊर्जा प्राप्त होती है तथा अतिरिक्त जल एवं पदार्थ का निष्कासन उसके (नदी) मुहाने से होता रहता है।

सिस्टम का आन्तरिक संगठन पुनः निविष्टता (Feedback) द्वारा नियन्त्रित होता है। सरिता-सिस्टम के कार्यान्वयन में नदी-विमर्जन (Stream discharge) तथा अवसाद की विशेषताएँ बाह्य नियन्त्रक विचर (Variables) होती हैं। जब बाह्य नियन्त्रक विचर द्वारा निवेश (Input) में परिवर्तन द्वारा सिस्टम में उसी दिशा में परिवर्तन होता है जिस रूप में निवेश में होता है तो इसे 'धनात्मक पुनः निविष्टता' (Positive feedback) कहते हैं। हम प्रणाली के अन्तर्गत सिस्टम में क्रमिक परिवर्तन होता है जिस कारण समय-निर्भर (Time bound) अवस्था का सूत्रपात होता है। जब सिस्टम-निवेश में परिवर्तन दूसरे सिस्टम-उपागो (Components) में परिवर्तन प्रस्तुत करता है जो कि परिवर्तित निवेश के प्रभाव को नियन्त्रित करके समय स्वतन्त्र (Timeless or Time independent) साम्यावस्था या स्थायी अवस्था का सूत्रपात करता है तो उसे ऋणात्मक पुनः निविष्टता (Negative feedback) कहते हैं। इस तरह स्पष्ट है कि ऋणात्मक पुनः निवेष्टिता वाला विद्युत सिस्टम अपने आप में स्वयं नियन्त्रित होता रहता है।

पृथ्वी का समस्त भूपृष्ठीय भाग एक विद्युत सिस्टम का प्रारूप है जिसमें पदार्थ की आपूर्ति पटलविरूपण (Diastrophism) या ज्वालामुखी क्रिया उत्कापात आदि से होती है। ऊर्जा, सौरिक विकिरण, गुरुत्वाकर्षण, पृथ्वी के घूर्णात्मक जड़त्व (Rotational inertia), आन्तरिक उष्मा, जलवृष्टि आदि से प्राप्त होती है। विद्युत सिस्टम के कार्यान्वयन के समय, जबकि अनाच्छादनात्मक प्रक्रम चट्टानों का अपरदन करते हैं तथा प्राप्त पदार्थों को कहीं अन्यत्र निक्षेपित करते हैं, स्थिर अवस्था (Steady state) बनी रहती है, परिणामस्वरूप स्थलरूपों में परिवर्तन नहीं होता है यद्यपि भूभाग में अपरदन द्वारा अन्तर आता जाता है तथा ऊर्जा भी खर्च होती है। वास्तव में भू-आकारिकी में स्थलरूपों के जननिक पहलू के सामने अब दो समस्याएँ आ गयी हैं—(i) क्या स्थलरूपों में समय के साथ क्रमिक

परिवर्तन होता है? या (ii) स्थलरूप समय स्वतन्त्र होते हैं। उनमें स्थिर-अवस्था (Steady state) के कारण परिवर्तन नहीं होता है या होता है तो क्या मन्द गति से होता है? वास्तव में अभी तक दूसरी विचारधारा के समर्थक अपने विचारों को पुष्टि के लिये समुचित तर्क तथा प्रमाण नहीं जुटा पाये हैं। हो सकता है, वर्तमान दशक में इन समस्याओं का समाधान हो जाये।

**भ्वाकृतिक मॉडल**—पिछले तीन दशकों से भ्वाकृतिक समस्याओं के अध्ययन तथा समाधान के लिये मॉडल का प्रयोग किया जा रहा है। भू-आकारिकी के क्रमबद्ध विचारों का तीन परस्पर आबद्ध प्रारूपों में अध्ययन किया जा सकता है—(i) प्राकृतिक अनुरूप सिस्टम (Natural analogue system), (ii) भौतिक मिस्टम तथा (iii) सामान्य (General) मिस्टम।

(i) प्राकृतिक अनुरूप सिस्टम के अन्तर्गत हम भू-आकारिकी की किसी भी घटना को निरूपण उसके समान या अनुरूप किसी ऐसे प्राकृतिक मिस्टम के सन्दर्भ में करते हैं जो साधारण तथा अधिक चिरपरिचित हो। इसे दो वर्गों में विभाजित किया जाता है—(1) ऐतिहासिक प्राकृतिक अनुरूप सिस्टम तथा (2) स्थानिक प्राकृतिक अनुरूप सिस्टम। प्रथम प्रकार के अन्तर्गत यह अवधारणा बढायी जाती है कि भ्वाकृतिक घटना का समय-नियन्त्रण अनुक्रम (Time controlled sequence) में अपना निश्चिन्न स्थान होता है। यह अवधारणा इस संकल्पना पर आधारित है कि जो घटनाएँ अतीत में घटित हुई हैं वे फिर घटित होगी या पिछली घटनाओं का वर्तमान शास्त्र से सम्बन्ध अवश्य है। हटन की 'वर्तमान भूत की कुञ्जी है' की संकल्पना (वर्तमान के आधार पर अतीत को संज्ञोया जा सकता है अर्थात् वर्तमान प्रक्रमों तथा स्थलाकृतियों के आधार पर विगत स्थलरूपों को भलीभाँति समझा जा सकता है) इस तरह के प्राकृतिक अनुरूप मॉडल का उदाहरण है।

**स्थानिक अनुरूप मॉडल** का निर्माण एक क्षेत्र की दूसरे क्षेत्र की तुलना में आधार पर इस अवधारणा के साथ किया जाता है कि जिस मौलिक वस्तु का स्थान विशेष पर विश्लेषण किया जाना है उसके अनुरूप दूसरे क्षेत्र की वस्तु के विषय में अधिक तथा विश्वस्त जानकारी प्राप्त है। ज्ञानसम का तट तथा किनारे का वर्गीकरण, फेनमन का भौतिक प्रदेशों की संकल्पना, स्थलाकृतिक प्रकार, आकारजनक प्रदेश आदि इस तरह के मॉडल के उदाहरण हैं।



(ii) भौतिक सिस्टम—इस उपाय के अन्तर्गत समस्त भाग को कई उपायों में विभक्त करके प्रत्येक उपाय के कार्यान्वयन तथा पारस्परिक क्रिया (Interaction) का अलग-अलग अध्ययन करके सभी उपायों को सश्लिष्ट (Synthesise) करके समस्त भाग का अध्ययन किया जाता है। यह वैज्ञानिक पद्धति परिमाणात्मक नमूनों (Quantitative data) पर आधारित है। इसे अन्तर्गत 3 मॉडल आते हैं—(1) हार्डवेयर मॉडल, (2) गणितीय मॉडल, तथा (3) प्रायोगिक डिजाइन मॉडल।

भू आकारिकी में हार्डवेयर मॉडल का प्रयोग अत्यधिक सीमित रहा है क्योंकि धरातल पर स्थलाकृतियों में विविधता तथा जटिलताएँ इतनी अधिक हैं कि प्रयोग-शालाओं में इन जटिलताओं का समुच्चय (Simulation of natural complex) कठिन कार्य है। बेंगलुरु का सैंडमोवमेंट (Sand movement) पर पवन-सुरंग-पर्यवेक्षण (Wind tunnel observation) का मॉडल तथा शुम (Schumm) का पर्व अस्पाय जलवायु स्थलाकृति (Badland topography) के अपरदनात्मक आकार (Forms) तथा रूपांतरण (Transformation) सम्बन्धी मॉडल इस तरह के हार्डवेयर मॉडल के कतिपय उदाहरण हैं।

गणितीय मॉडल समीकरणों का एक अपूर्ण रूप (Abstract form) होता है जिसमें वस्तुओं, बलों (Forces), घटनाओं आदि के स्थान पर गणितीय विचर (Variables), प्राचल (Parameters) तथा स्थिरांक (Constants) का प्रयोग किया जाता है। गणितीय मॉडल दो तरह के होते हैं—(1) डिटरमिनिस्टिक (निश्चयवादी) तथा (2) स्टोकेस्टिक (यादृच्छिक) मॉडल। निश्चयवादी मॉडल स्वतन्त्र तथा परतन्त्र विचर (Independent and dependent variables) के ठीक पूर्वकथनीय (Exact predictable) सम्बन्धों के गणितीय अवधारणा के आधार पर तैयार किया जाता है। डिटरमिनिस्टिक मॉडल का भू-आकारिकी में सर्वाधिक प्रयोग ढाल-परिच्छेदिकाओं के रूपांतरण (Transformation) के सम्बन्ध में किया गया है। यद्यपि निश्चयवादी मॉडल में जटिल प्राकृतिक परिस्थिति में प्रायः सभी विचर को सम्मिलित कर लिया जाता है तथापि प्राकृतिक प्रक्रमों के कुछ ऐसे अनियमित अपूर्वकथनीय (Random unpredictable) प्रभाव होते हैं जो सामान्य निश्चयवादी सम्बन्धों को निरोधित कर देते हैं। इस वमी को दूर

करने के लिए स्टोकेस्टिक मॉडल की रचना की जाती है जिसमें गणितीय विचर, प्राचल (Parameters) तथा स्थिरांक के अलावा प्राकृतिक प्रक्रमों के एक या अधिक अनियमित यादृच्छिक उपायों को सम्मिलित कर लिया जाता है। मार्कोवतुल्य मॉडल तथा माथे कार्लो मॉडल इसके प्रमुख उदाहरण हैं।

प्रयोगात्मक/परीक्षात्मक डिजाइन मॉडल की रचना इन अवधारणा के आधार पर की जाती है कि किसी निश्चित पर्यवेक्षणात्मक (Observational) समूह (Data) ने परिवर्तन में कुछ ऐसे युक्तियुक्त/अर्थयुक्त उपाय होते हैं जिनका समुचित प्रयोगात्मक/परीक्षात्मक डिजाइन के आधार पर अभिनिर्धारण (Identification) किया जा सकता है। इस तरह के परीक्षात्मक डिजाइन की रचना विगत अनुभव तथा पर्यवेक्षण, युक्तियुक्त अनुमान, अन्तर्दृष्टि के आधार पर समाकलित समूहों तथा उनके विश्लेषण के आधार पर की जाती है। इस तरह के मॉडल में सांख्यिकीय प्रतीपगमन (Regression) का अधिकाधिक प्रयोग किया जाता है। उदाहरण के लिए जलमार्ग ढाल एवं घाटी पार्श्व-ढाल के बीच रेखीय सम्बन्धों के आधार पर 'Power Function Model,' सरिता श्रेणी (Stream Order) तथा सरितासङ्ख्या, सरिताश्रेणी तथा सरिताखण्ड की औसत मध्यी लम्बाई, सरिता-श्रेणी तथा औसत-प्रवाह-क्षेत्र से सम्बन्धित 'Exponential Function Model' आदि को प्रस्तुत किया जा सकता है।

(ii) जनरल सिस्टम—जनरल सिस्टम के विषय में पहले बताया जा चुका है। इसे तीन वर्गों में विभाजित किया जाता है—(1) सश्लिष्ट (कृत्रिम) सिस्टम (Synthetic System), (2) आंशिक सिस्टम (Partial System) तथा (3) ब्लैकबॉक्स सिस्टम।

मॉडल-रचना के प्रारम्भिक चरण में सश्लिष्ट सिस्टम, प्रायोगिक डिजाइन मॉडल के प्रायः समरूप होता है परन्तु भ्वाकृतिक घटनाओं की संरचना, विश्लेषण एवं निष्कर्ष के आधार पर प्रक्रम-प्रतिक्रिया (Process Response) मॉडल की रचना की जाती है। इन मॉडल की रचना किसी भ्वाकृतिक पूंज (Geomorphic complex) के प्रमुख संरचनात्मक तत्व की पहचान के साथ प्रारम्भ होती है। तदनन्तर इन तत्वों में सम्भाव्य सम्बन्ध परिवर्तनशील आवर्ध विचर (Variables), प्रभाव से अनुमानित कारण से पुनः निर्वाहता (Feed back), विचरों की आपसी आवर्धता की शक्ति आदि के विश्लेषण

के आधार पर मॉडल निमित्त किया जाता है। अर्थात् मॉडल-निर्माण के समय यह देखा जाता है कि जिस स्वाकृतिक पहलू पर माडल बनाना है उस पहलू के विभिन्न तत्वों में कितने सम्भाव्य सम्बन्ध हो सकते हैं, इन विचरो, जो बदलते रहते हैं, ये कितने एक दूसरे से आवद्ध हैं, प्रक्रमों के जो प्रभाव होते हैं उनके अनुमानित कारणों में किस तरह का सम्बन्ध है तथा इन प्रभावों का अनुमानित कारणों में पुन निवेष्टिता और विभिन्न तत्वों में जो संयोजन है है उसकी शक्ति कितनी और बर्मी है। हम हेतु किमी परिवर्तन शीन सिस्टम के विभिन्न विचरो (Variables) के बीच सह सम्बन्ध के लिए प्रतीपगमन समीकरण (Regression Equation) का सहारा लिया जाता है। प्रक्रम-अनुक्रिया (Process-Response) मॉडल, इसका प्रमुख उदाहरण है।

आजिक सिस्टम मॉडल का निर्माण उपसिस्टम के समुच्चयों (Sets) के बीच व्यवहार्य सम्बन्धों (Workable relationships) के आधार पर किया जाता है। स्मरणीय है कि इन उपसिस्टमों के आन्तरिक कार्यान्वयन की विशद जानकारी आवश्यक नहीं होती है परन्तु इन उपसिस्टमों के बीच अन्तर्सम्बन्धों की सूचना आवश्यक होती है ताकि विभिन्न निवेश-वर्णाओं (Input Conditions) में समग्र सिस्टम के व्यवहार की भविष्यवाणी की जा सके। सिस्टम के अन्तर्गत निवेश तथा निष्पत्ति (Input and Output) के बीच गणितीय सम्बन्ध स्थापित किये जाते हैं। इससे प्राप्त सिस्टम के व्यवहार प्रत्यक्ष द्वारा भावीकृत किया जा सकता है तथा इसके समग्र सिस्टमों या उसी सिस्टम के विभिन्न समग्रों में व्यवहार-प्रारूप को मिला जा सकता है। Amoroso तथा Hart का एक प्रवाह-वेगित म विभिन्न तूफानों (Storms) के समय वाही-जल प्रारूप (Runoff pattern) की भविष्यवाणी का माडल आजिक सिस्टम मॉडल का एक उदाहरण है।

वैक वास्त सिस्टम के अन्तर्गत सिस्टम के 'उपागो (Components) की जानकारी आवश्यक नहीं होती है। विभिन्न निवेशों (Inputs) द्वारा जनित निष्पत्ति (Output) के स्वभाव पर सर्वाधिक ध्यान दिया जाता है। इस तरह यह सिस्टम मॉडल-निर्माण के अन्तर्बोध (Intuition) पर आधारित होता है। मॉडल की रचना स्थलरूप-समुदायों की प्रमुख विशेषताओं पर की जाती है। इन स्थलरूपों के जनक प्रक्रमों के स्वभाव, कार्य प्रणाली तथा कार्यान्वयन की दर मात्र अनुमानों पर

आधारित होते हैं। गिलबर्ट का 'गतिक सतुलन मॉडल' 'जनवायु भू-आकारकी का मॉडल', डेविड का 'भौगोलिक चक्र मॉडल', आदि इसके प्रमुख उदाहरण हैं। ये मॉडल निश्चय ही यह धामक अवधारणा प्रस्तुत करते हैं कि इनकी रचना स्वाकृतिक प्रक्रमों की विशद जानकारी के आधार पर की गई है जबकि स्थलरूप समुदायों के प्रमुख व्यवहार-प्रारूप (Behavioural Patterns) भी मात्र अनुमान तथा अन्तर्बोध पर आधारित होते हैं। गिलबर्ट की स्थावरूपों की व्याख्या 'शृणात्मक पुन निवेष्टिता वैक वास्त मॉडल' का उदाहरण है जिसके अन्तर्गत उन्होंने आकार (Form) से प्रक्रम तथा आकार का आकार के साथ समायोजन (Adjustment) प्रस्तुत किया है। गिलबर्ट के स्थलरूपों के अध्ययन के इस 'विवृत सिस्टम उपागम' (Open System Approach) ने गतिक भू-आकारकी में शोध के विवे लोको को अधिकाधिक प्रेरणा दी है। इसके विपरीत डेविड का 'भौगोलिक चक्र मॉडल' 'समय-आधारित (Time Bound, वैक वास्त मॉडल', धनात्मक पुन निवेष्टिता मॉडल' का उदाहरण है, जिसके अन्तर्गत समय के साथ निवेश के परिवर्तन द्वारा स्थलरूपों में क्रमिक परिवर्तन की कल्पना की गयी है।

इस तरह गिलबर्ट के विचारों पर आधारित 'शृणात्मक पुन निवेष्टिता वैक वास्त मॉडल' तथा डेविड द्वारा अशीकृत 'धनात्मक पुन निवेष्टिता वैक वास्त मॉडल' का प्रयोग समानान्तर रूप से कुछ त्रिों तक चलता रहा परन्तु वर्तमान समय में स्थलरूपों के अध्ययन के इन दोनों उपागमों की शुरुकर आलोचना प्रारम्भ हो गयी है। शोर्ले (1966), होम्स (1964), हावार्ड (1965) आदि न दोनो उपागमों के बीच का रास्ता अपनाया है तथा भू-आकारकी के नय मॉडल की रचना का मुसाव दिया है जिसमें अन्तर्गत आने उपागमों (समय-आधारित तथा समय-स्थान मॉडल) का प्रमुख उपाय तत्वों को सम्मिलित चरन का सुझाव दिया है। शूम तथा लिटी (Lighty) न इस विचारधारा को आगे बढ़ाते हुए बताया है कि स्थलरूपों का प्रभावित करने वाले कार्य-कारण का सम्बन्ध समय पर अवश्य आधारित होता है। इनके अनुसार चक्र के कार्यान्वयन के दीर्घ समय के दौरान स्थलरूप समुदाय के आकारों या व्यवितगत आकारमितिक रूपों में, अपरदन द्वारा स्वैतिज ऊर्जा (Potential Energy) के ह्रास के साथ, सतत परिवर्तन होना जाना है तथा अधिकांश स्वतंत्र तथा

परतत्त्व विचरो (Independent and Dependent Variables) में कोई भी समय-आधारित सम्बन्ध नहीं होता है यद्यपि लघु समय के लिए आकार एवं प्रक्रम के बीच साम्यावस्था की रचित आ सकती है जबकि सिस्टम समय-स्वतंत्र हो जाता है तथा 'कृष्णरत्मक पुन निवेष्टिता प्रक्रिया' प्रारम्भ हो जाती है।

### भू-आकृति विज्ञान में भारतीय योगदान

भारत में भू-आकारिकी का अध्ययन विदेशों की तुलना में बहुत बाद में प्रारम्भ हुआ जिसका प्रमुख कारण भारतीय विश्वविद्यालयों में स्नातकोत्तर स्तर पर भूगोल के अध्ययन-अ-रापन का विलम्ब से प्रारम्भ होना है। सर्वप्रथम अलीगढ़ मुस्लिम विश्वविद्यालय में भूगोल का स्नातकोत्तर स्तर पर अध्यापन 1931 में प्रारम्भ हुआ। तदन्तर कलकत्ता विश्वविद्यालय में 1941 में, इलाहाबाद विश्वविद्यालय तथा काशी हिन्दू विश्वविद्यालय, वाराणसी, में एक साथ 1946 में भूगोल का अध्यापन स्नातकोत्तर स्तर पर प्रारम्भ हुआ। स्पष्ट है कि जब तक भारतीय विश्वविद्यालयों में भूगोल विषय का प्राबुध्बि हुआ तब तक विदेशों में भू-आकारिकी में शोध बहुत आगे बढ़ गया था। परिणामस्वरूप स्वदेश में इस विषय का पिछड़ा ज्ञान आश्चर्यजनक नहीं है।

प्रारम्भ में भू-आकारिकी का छिट-पुट रूप में सम्बन्धित प्रणाली, अन्वेषण कर्ताओं (जिनमें स्वामी प्रणवानन्द प्रमुख है) तथा भू-विज्ञानवेत्ताओं द्वारा किया गया। विदेशों के समान भारत में भू-आकारिकी को एक प्रमुख स्थान देने का श्रेय भू-विज्ञानवेत्ताओं को ही है जिनमें हेरन, वाडिया, उन वेस्ट, यम० सी० चटर्जी, आबेन, आरोग्यस्वामी राधाकृष्ण आदि का योगदान सराहनीय है। विषय को प्रारम्भिक चरण में अग्रसर करने का श्रेय छिन्नर, यम० पी० चटर्जी, यम० भी० बोस, आर० पी० मिह, इनायत अहमद, के० बागची आदि भूगोल वेत्ताओं को जाता है। इन विद्वानों के कार्य डेविन की 'अनाच्छादित कालानुक्रम उपायम' की सकल्पना पर आधारित थे तथा ये लोग भू-विज्ञान के विवरणों से अधिक प्रेरणा लेते रहे।

1950 में इस विषय के स्वरूप में निवार आना प्रारम्भ हुआ तथा भू-आकारिकी की विभिन्न शाखाओं जैसे प्रादेशिक भू-आकारिकी तटीय भू-आकारिकी, सार्वनात्मक भू-आकारिकी, जलवायु भू-आकारिकी, जलीय भू-आकारिकी व्यावहारिक भू-आकारिकी आदि में व्यापक स्तर पर तो नहीं परन्तु छिट-पुट रूप में कार्य

अवश्य प्रारम्भ हो गया। आर० पी० मिह ने 1956 में सम्भवत सर्वप्रथम छोटा नागपुर उच्च प्रदेशों के भ्वाकृतिक विकास' विषय पर पी० यच० डी० वीसिस प्रस्तुत करके भारत में भ्वाकृतिक शोध-कार्य का मार्ग प्रशस्त किया। उन्होंने प्रायद्वीपीय भारत तथा छोटा नागपुर प्रदेश की भ्वाकृतिक समस्याओं पर दर्जन से अधिक शोध पत्र प्रकाशित करके भू-आकारिकी को भूगोल की अन्य शाखाओं के समकक्ष जाने का सराहनीय भगीरथ प्रयास किया है।

सर्वाधिक शोध-कार्य प्रायद्वीप भारत के विभिन्न भौतिक प्रदेशों तथा छोटा नागपुर प्रदेश के प्रादेशिक भ्वाकृतिक विश्लेषण में ही सम्बन्धित रहा है। इनमें यम० पी० चटर्जी (1940, रॉची पठार की नीस स्थलाकृति), यम० के० बोस (1940, रॉची पठार की स्थलाकृति पर एक टिप्पणी), यम० सी० चटर्जी (1945, रॉची पठार की भू-आकारिकी के कुछ पहलू, 1946, छोटा नागपुर का भौतिक विकास, 1966, दक्कन ट्रैप), छिन्नर (1953), ए० के० सेन गुप्ता (1957, पश्चिमी रॉची पठार के पाट प्रदेश की भू-आकारिकी), इनायत अहमद (1958, छोटा नागपुर का भ्वाकृतिक स्वरूप), यम० सी० बोस (1962, पिण्डारी हिमनद के भ्वाकृतिक आकार, 1967, पश्चिमी हिमालय के हिमानीकृत प्रदेश की भू-आकारिकी), डब्ल्यू० डी० वेस्ट तथा बी० डी० चौबे (1964, सागर एवं कटगी के समीपी क्षेत्र की भू-आकारिकी), आर० यन भट्टाचार्य (1964, बाम्पावेसिन पर भ्वाकृतिक टिप्पणी), आर० वैद्यनाथन (1964, बेतारी प्रदेश के अर्द्धशुष्क क्षेत्र के भू-आकार), बी० के० पाण्डेय तथा आर्द्र० सी० पाण्डेय (1964, अलमोड़ा जनपद के चौकुटिया क्षेत्र की भू-आकारिकी के कुछ पहलू), बी० घोष तथा यम० पाण्डेय (1965, अहोर ध्वाक की भू-आकारिकी), बी० बैकटेश (1965, महाराष्ट्र के लोनार क्रेटर की उत्पत्ति के भू-रासायनिक प्रमाण), यम० सिंह, यम० पाण्डेय तथा बी० घोष (1966, वारमेर जनपद के मिवाता ध्वाक की भू-आकारिकी), बी० डी० चौबे (1967, सागर, दमोह, जबलपुर तथा नरसिंहपुर जनपद में अपरदन-सतह का अध्ययन), जी० बी० राव (1967, सोन घाटी क्षेत्र का भू-विज्ञान तथा भू-आकारिकी) आदि के योगदान सराहनीय है।

1968 में भारत में आयोजित 'अन्तर्राष्ट्रीय भौगोलिक कांग्रेस' के अधिवेशन में भारतीय भू-आकृतिकविज्ञान

वेत्ताओं में भ्वाकृतिक अध्ययन के प्रति दिलचस्पी जागरूक हुई। परिणामस्वरूप भारतीय भू-आकारिकी के प्राण में एक नयी लहर आ गयी, जिस कारण विषय का अध्ययन नये जोड़-जड़ों के साथ प्रारम्भ हुआ। वास्तव में इस वर्ष की भारतीय भू-आकारिकी में नवोन्मेष का युग कहा जा सकता है। 1968 में प्रस्तुत तथा प्रकाशित शोध पत्रों में बी० सी० आचार्य (महानदी तथा उसकी शाखा), जी० के० दत्त (निचली योन घाटी के स्थलरूपों की उत्पत्ति तथा विकास) यम० के० मुखोपाध्याय (कश्मीर की निचली सिन्धु घाटी में ज्वरीय तथा हिमानी स्थलरूप) डी० मुन्ना (गोवा में प्रवाह प्रणाली का विकास), आर० यन० माथुर (मेरठ जनपद का जियोमॉर्फोलॉजी), यश० यम० शर्मा (निचली चम्बल घाटी के धीरे-धीरे की उत्पत्ति), ए० के० सेन गुप्ता (मध्य रांची पठार में जनाच्छादन), डी० नियोगी यम० बी० सरकार तथा यम० मलिक (पश्चिमी बंगाल के मैदान में भ्वाकृतिक मानचित्रण), मुख्या राव (गिरनार पहाड़ी के भौतिक रूप), यम० बी० कपूर तथा यम० के० वधावन (धरातल का भ्वाकृतिक वर्गीकरण) डी० नियोगी (सुवर्णरेखा नदी की बेदिनाओं की भू-आकारिकी), यम० सी० वॉस (हिमालय में झिलझुट बेसिन), यम० सेन०, (विमपित नदी के बाढ़ तट के ढाल की सीढ़ियाँ), यम० बी० राव (दक्कन ट्रैप के स्वरूप), यम० सी० वॉस (हिमालय के हिमनदी में अभिनव निर्वर्तन), यम० पाण्डेय तथा यम० मिह (पश्चिमी राजस्थान के पानी जनपद के सुमेर ब्लॉक की भू-आकारिकी), आर० यम० दुवे (गिरा पठार की अपरदन सतह) आदि के कार्य महत्वपूर्ण हैं।

इन्के अलावा यम० सी० मुखोपाध्याय (1968, स्वर्णरेखा घाटी में अपरदन सतह, 1966, स्वर्णरेखा बेसिन के एक भाग की भू-आकारिकी के कुछ पहलु), इनायत अहमद (1969, रांची में गज्ररपा), यम० सी० चक्रवर्ती (1970, पश्चिमी बंगाल की भू-आकारिकी के विकास के कुछ पहलु) स्वामी प्रणवानन्द (1970, गन्तसरोवर तथा ईलांग में चार नदियों के उद्गम), जे० पी० मिह (1970 मेघालय का भ्वाकृतिक विकास), मन्मथी (1970 मिहभूमि की भू-आकारिकी के प्रमुख रूप) के० आर० दीक्षित (1970 दक्कन ट्रैप प्रदेश की अपरदन-सतह तथा दृष्टिकोण स्थलाङ्गि), यम० सी० वॉस (1972, दक्कन पठार के पश्चिमी तथा पूर्वी तट का जनाच्छादन कालानुक्रम), के० आर०

दीक्षित, यम० यन० राजगुरु, यन० यम० गुप्त तथा जे० पी० जोग (1972, दक्षिणी कोनकन में कुछ भ्वाकृतिक पर्यवेक्षण), यम० सी० मुखोपाध्याय (1973, स्वर्णरेखा बेसिन की नदी-बेदिनाई), आर० भट्टाचार्य तथा पी० दाग (1973, बालीषई नदी-बेसिन का भ्वाकृतिक विवरण), मुखोपाध्याय (1973, स्वर्णरेखा बेसिन की भू-आकारिकी, निचली खरकाई बेसिन के एक भाग की भू-आकारिकी), ए० प्रसाद (1973, बराकर बेसिन के भ्वाकृतिक उपप्रदेश), अनिल कुमार (1974, द० पी० रांची पठार के स्वरूपों का भ्वाकृतिक विभाजन), यन० पी० मिह (1975, बिहार के पश्चिमी उच्च पठार की भू-आकारिकी—पी-यच० डी० धीसिस), जी० एन० मिह (1977 राजमहल उच्च प्रदेश की भू-आकारिकी), मविन्द्र मिह तथा गेनु श्रीवास्तव (1976, दक्कन बेसिन का जनाच्छादन कालानुक्रम तथा अपरदन-सतह), मविन्द्र मिह (1977 रांची पठार के तार तथा स्पर की उत्पत्ति), मविन्द्र मिह (1978, रांची पठार के भ्वाकृतिक प्रदेश, स्थलरूप तथा अपरदन-सतह) के कार्य प्रादेशिक भू-आकारिकी में प्रमुख हैं।

गणितीय तथा आकारमतिक विश्लेषण—भारतीय भू-आकारिकी में आकारमतिक तकनीक के प्रयोग का श्रेय आर० यन० मिह (1967, स्थलाङ्गि का आकारमतिक विश्लेषण) को जाता है जिन्होंने भारतीय युवा भू-आकृति विज्ञानवेत्ताओं में उक्त तकनीक के प्रयोग की चेतना जाग्रत की तथा 'नगरीय भूगोल' एवं 'अधिवाम भूगोल' में दिलचस्पी के बावजूद काशी हिन्दू विश्वविद्यालय में भू-आकारिकी के 'वाराणसी स्कूल' की स्थापना की। आर० यन० मिह के परिनिरीक्षण में जनाशनाथ मिह (1967), बी० के० अम्बाना (1968) यम० सी० खर्चवाल (1969), मोरा अग्रवाल (1970) ओ० पी० मिह तथा मन्मथदास मिह (1977) ने 'अधिवाम तथा भू-आकारिकी' (विभिन्न प्रदेश) पर पी-यच० डी० उपाधि हासिल की।

आकारमतिक तकनीकों का प्रयोग प्रवाह-बेसिन के विभिन्न पहलुओं के विश्लेषण तथा स्वरूप के विश्लेषण (अपरदन-सतह का निर्धारण ढाल-विश्लेषण, स्थलाङ्गिक प्रारूप आकार-प्रदेश नदी-बेदिना आदि) के लिये व्यापक स्तर पर किया जा रहा है। आकारमतिक पर आधारित भ्वाकृतिक शोध की व्यापकता, गहनता तथा सक्रियता के आधार पर इलाहाबाद विश्वविद्यालय के भूगोल विभाग (इलाहाबाद स्कूल), 'एरिड रिमच

इन्स्टीच्यूट', जोधपुर को विजिष्टता क्रम में रखा जा सकता है। भागलपुर विश्वविद्यालय में अनिलकुमार का प्रयास भी इस दिशा में अग्रसर हो रहा है। प्रवाह-बेसिन के समस्त उपांगों तथा पहलुओं (रेखीय पहलू, क्षेत्रीय पहलू एवं उच्चावच पहलू) के विजट अध्ययन के दृष्टिकोण से इलाहाबाद विश्वविद्यालय के भूगोल विभाग का कार्य सराहनीय कहा जा सकता है। रेनु श्रीवास्तव ने सम्भावित सर्वप्रथम एक प्रवाह-बेसिन पर शोध प्रबन्ध (1976, बेसन नदी की प्रवाह-बेसिन की विशेषताएँ) प्रस्तुत किया। छोटाणापुर के विभिन्न प्रदेशों की प्रवाह-बेसिनो के आकारमितीय अध्ययन का कार्य चल रहा है (सविन्द्र सिंह 1978 राँची पठार की लघु प्रवाह-बेसिनो का भ्वाकृतिक अध्ययन (डी० फ़िल्ड० उपाधि) के लिये स्वीकृत शोध प्रबन्ध, शिवसगर ओझा, 1981, पलामू उच्च प्रदेश की लघु प्रवाह-बेसिन का भ्वाकृतिक अध्ययन, देवीप्रसाद उपाध्याय, 1981, ६० पृ० छोटा नागपुर प्रदेश की लघु प्रवाह-बेसिन का आकारमितीय अध्ययन, डी० फ़िल्ड० उपाधि के लिये स्वीकृत शोध प्रबन्ध आदि) तथा तत्सम्बन्धी दर्जनों शोध पत्र प्रकाशित हो चुके हैं।

सैद्धान्तिक तथा सकल्पनात्मक पहलु पर कतिपय प्रयास किये गये हैं। (यस० के० पाल, 1972, विश्लेषण के आकारमितीय विधि का वर्गीकरण, सविन्द्र सिंह, 1972, उच्चतामितीय विश्लेषण स्वतंत्र-अध्ययन की एक आकारमितीय तकनीक, 1974, अपरदन चक्र इसके बदलते सन्दर्भ 1974, अपरदन-चक्र तथा गतिक सन्तुलन सिद्धान्त एक सकल्पनात्मक विश्लेषण, 1975 स्वतंत्रों के अध्ययन की विधियाँ तथा उपागम, सविन्द्र सिंह तथा रेनु श्रीवास्तव, 1975, अपरदन-चक्र की अवस्थाओं के आकारमितीय निर्धारक, सविन्द्र सिंह, 1978, प्रवाह-गठन के परिकलन के परिमाणान्तर प्राचल—द्वितीय अध्याय पाँच में शीपें 'प्रवाह-गठन', ओ० पी० सिंह 1976, आकार-इकाई के वर्गीकरण का परिमाणान्तरक उपागम आदि)।

भारतीय युवा भू-आकृति विज्ञानवेत्ताओं का सर्वाधिक योगदान प्रवाह-बेसिन के विभिन्न उपांगों के आकारमितीय अध्ययन के क्षेत्र में है। आकारमितीय बिचरो (Morphometric variables) के विश्लेषण में साहचर्य के विभिन्न साधनों तथा वैश्वीय प्रवृत्ति (माध्य,

मध्यक, भूयिष्ठक), अपकृष्ण तथा विषमता (Dispersion and skewness), परिघात एवं पृथु-शीर्षत्व (Moments and kurtosis), सहसम्बन्ध (Correlation), प्रतीपगमन (Regression), सम्भावना सिद्धान्त (Probability), प्रसरण (Variance), प्रतिचयन (Sampling) आदि का प्रयोग किया गया है। इस क्षेत्र में ए० बी० मुकर्जी (1963), आर० यल० सिंह (1967), बी० घोष, यस० सिंह, यस० पाण्डेय तथा जी० लाल (1967), यस० के० पाल (1968), डी० के० सिंह तथा यच० यन० शर्मा (1968), यस० सिंह तथा बी० घोष (1969), यम० सिंह, बी० घोष तथा डी० यस० कैय (1979), आर० पी० सिंह तथा ए० कुमार (1969), यम० सी० चर्कवाल (1970), यल० सिंह (1970), ए० के० घोष तथा ए० ई० शीङ्गर (1970), यस० सिंह तथा बी० घोष (1973), ए० कुमार (1973), यस० के० पाल (1973), जी० यस० मिश्र तथा आई० सी० पाण्डेय (1974), बी० घोष, यस० सिंह तथा डी० यस० कैय (1974), सविन्द्र सिंह तथा रेनु श्रीवास्तव (1974), ए० कुमार (1975), जी० पञ्जा (1975), यस० सिंह (1976), के० आर० दीक्षित (1976), रेनु श्रीवास्तव (1976), सविन्द्र सिंह तथा रेनु श्रीवास्तव (1976), यस० सिंह, बी० यस० गुप्त तथा डी० यस० कैय (1976), सविन्द्र सिंह (1976), सविन्द्र सिंह तथा रेनु श्रीवास्तव (1977), सविन्द्र सिंह (1978 A, B and C), आर० कुमार तथा बी० के० वर्मा (1978), यन० वैदी (1978), यस० के० सुब्रमन्यम तथा बी० सुब्रमन्यम (1978), रेनु श्रीवास्तव (1978), के० नागेश्वर राव तथा आर० वैद्यनाथन (1978), जी० पञ्जा राव तथा यच० यम० शर्मा (1978), यस० यन० पाण्डेय (1978), आर० यन० मशे तथा बी० बी० पेशवा (1978), यम० आर० ग्राह (1978), सविन्द्र सिंह (1979) आदि के कार्य उल्लेखनीय हैं।

इसके अलावा प्रवाह-बेसिन की भू-आकारिकी के विश्लेषण में यम० सिंह, बी० घोष तथा डी० यस० कैय (1969-71), यस० सिंह तथा बी० घोष (1969), यस० सिंह तथा बी० घोष (1969) आदि ने 'एयर फोटोग्राफ' का प्रयोग किया है। डालों के अध्ययन में यस० सी० चर्कवाल (1971), ए० कुमार (1976),

सविन्द्र मिह्र तथा रेनु श्रीवास्तव (1977), ए० कुमार (1978), यच० यम० शर्मा (1978), सविन्द्र मिह्र (1979), आदि ने प्रयास किये हैं। भ्वाकृतिक विवरण तथा अधिवार के अन्तर्मध्यों का अध्ययन पी० सी० वैंट्स तथा यस० मिह्र (1976), एव सविन्द्र सिंह तथा ओ० पी० मिह्र (1976) ने किया है।

उपर्युक्त विवरण से स्पष्ट हो जाता है कि भारतीय युवा भू-आकृतिविज्ञान वेत्ता अब गणितीय तथा सांख्यिकीय विधियों के आधार पर स्थलाकृति तथा प्रवाह-वेग के विश्लेषण के लिए कमर कम कर तैयार हो चुके हैं। आवश्यकता है उन्हें समुचित साधनों से सुसज्जित करने की (लैण्डसैट इमेजरी, एयर-फोटोग्राफ, क्षेत्र में प्रक्रमों के परिमाणन के लिये पर्याप्त सुविधा, प्रोत्साहन आदि)। दुःख का विषय है कि अब भी एयर फोटोग्राफ आसानी से सुलभ नहीं हो पा रहे हैं। सरकारी स्तर पर नदी के विसर्जन, प्रवाह-गति, अवसाद-संचलन आदि के परिमाणन तथा आकड़ा-संचयन के योजनाबद्ध प्रयास नहीं हो रहे हैं।

#### 4. स्थलरूपों के अध्ययन की विधियाँ (Methods of the study of landforms)

स्थलरूपों के अध्ययन के समय भू-आकृति विज्ञान-वेत्ता के सामने स्थलरूपों में सम्बन्धित मुख्य तीन समस्याएँ होती हैं—स्थलरूपों का क्षेत्र में जाकर सामान्य विवरण प्राप्त करके उनका वर्णन करना। अलग-अलग विशेषताओं के आधार पर उनका वर्गीकरण करना तथा वितरण-प्रणाली का विवरण उपस्थित करना और अन्त में उनके निर्माण सम्बन्धी कारणों का पता लगाना एवं आवश्यकतानुसार परिवर्तनार्थी, सिद्धान्तों एवं नियमों का प्रतिपादन करना। यदि भ्वाकृतिक इतिहास पर दृष्टिपाट किया जाय तो स्पष्ट हो जाता है कि प्राच्य-भूमिक विद्वानों ने (डेविस, पेक आदि) स्थलरूपों की उत्पत्ति पर ही अधिक बल दिया था और मापन एवं सर्वेक्षण सम्बन्धी विवरणों के अभाव में भी कई परिवर्तनार्थी का प्रतिपादन कर डाला था, जो कि अब मान्य नहीं हैं। सम्प्रति स्थलरूपों के अध्ययन में उपर्युक्त तीनों सरणियों का सहारा लिया जाता है।

##### 1—स्थलरूपों का वर्णन

स्थलरूपों का वर्णन कई विधियों से किया जा सकता है। यह इस बात पर निर्भर करता है कि वर्णन के समय विवरण कैसा होना चाहिये। सामान्यरूप से स्थल-

रूपों का वर्णन दो तरह से किया जा सकता है (i) व्यक्ति-निष्ठ वर्णन और (ii) वस्तुनिष्ठ या वैज्ञानिक या मात्रात्मक वर्णन (Quantitative description)।

(i) व्यक्तिनिष्ठ वर्णन (Subjective description)—इसके अन्तर्गत कोई व्यक्ति विशेष किसी क्षेत्र के भौतिक स्थलरूपों का आँखों देखा हाल इस तरह वित्ताकर्षक साहित्यिक रूप में प्रस्तुत करता है कि भू-आकृति विज्ञान न जानने वाला साधारण व्यक्ति भी उस क्षेत्र की भौतिक दृश्यावली की झलक पा लेता है। उदाहरण के लिये मध्य एव निचली गंगा घाटी का वर्णन इस विधि के अन्तर्गत इस तरह किया जा सकता है—समस्त भाग एक सपाट मैदान के रूप में है, जिसमें से होकर सहायक सरिताओं की अपने-पे आत्मसात करने गंगा नदी बल खाती हुई मन्द गति से विसर्पों (Meanders) से होकर प्रवाहित होती है। समस्त मैदान परतदार शैल का बना है, जिसकी छाती को चौरकर कूपों ने खाद्यान्न फसलों के गोटे से उसे अलंकृत कर रखा है। सुदूर तक फैले पतझड़ वाले वृक्ष हवा के साथ झकोरे लेते हुए प्रकृत वृक्षों को मानो हवा कर रहे हो। स्थान-स्थान पर नदी ने अपने वक्षस्थल को विस्तृत करके दोनों ओर सिकताकणों का साम्राज्य एकत्र कर लिया है तथा कई स्थानों पर वह कई धाराओं में मुष्कित (Braided) हो चली है। स्पष्ट है कि इस तरह का वर्णन भू-आकृति विज्ञान में महत्वहीन है।

जननिक वर्णन के अन्तर्गत स्थलरूपों के सामान्य विवरण के साथ उनके उत्पत्ति सम्बन्धी कारणों का भी उल्लेख किया जाता है। उदाहरण के लिये यदि किसी स्थान में ढालों में पवन हो गया है तथा जलविभाजक संकुचित हो गये हैं तो स्पष्ट भी बताया जाता है कि किन प्रक्रियाओं द्वारा ऐसा हुआ है तथा वहाँ का स्थलरूप अपने विकास की किस अवस्था से होकर गुजर रहा है। डेविस ने वर्णन की जननिक विधि का ही प्रयोग किया था। यदि इस आधार पर मध्य एव निचली गंगाघाटी का वर्णन करना हो तो उसमें मिलने वाले विसर्पों (Meanders), चौड़ी-चौड़ी घाटियों, मन्द ढाल आदि के कारणों को बताना होगा (पार्श्ववर्ती अपरदन Lateral erosion तथा अपक्षय) तथा यह भी बताना होगा कि उस क्षेत्र के स्थलरूप अपने विकास की किस अवस्था में हैं। इस जननिक विधि के आधार पर स्थलरूपों की तरुण, प्रौढ़ तथा जीर्ण—तीन प्रकारों में विभक्त किया जाता है परन्तु स्मरणीय है कि स्थलरूपों के

विक्रम के समय उनके रूपों में इतनी अधिक श्रेणियाँ (Gradations) होती हैं कि उनको मात्र तीन श्रेणियों (विकासीय Developmental) में रचना उचित नहीं है क्योंकि इससे स्थलरूप के निर्माण का कभी-कभी सही ज्ञान नहीं प्राप्त हो पाता है। यही कारण है कि इस विधि (अवस्था स्वरूपता) की मान्यता अब समाप्त हो रही है।

(ii) वस्तुनिष्ठ वर्णन (Objective description)—इस विधि को वैज्ञानिक वर्णन, मात्रात्मक वर्णन (Quantitative description) आदि नामों में भी अभिहित किया जाता है। इस विधि के अन्तर्गत गणितीय एवं सांख्यिकीय विधियों को सम्मिलित किया जाता है। पहले क्षेत्र में स्थलरूपों को सर्वेक्षण तथा मापन करके वास्तविक आँकड़े प्राप्त किये जाते हैं तथा उनके विश्लेषण के बाद उनका वर्णन किया जाता है। उदाहरण के लिये शुष्क प्रदेशीय कठोर रवेदार गैल वाले ढालों का वैज्ञानिक वर्णन इस तरह किया जा सकता है—सबसे ऊपर तीव्र ढाल (मुक्त पृष्ठ Free face) होता है जो कि  $40^\circ$  से अधिक कोण बनाता होता है, मध्य में मरनरेखीय ढाल (Rectilinear slope) होता है जिसका कोण  $25^\circ$  से अधिक होता है तथा दम पर झलवा का हल्का आवरण होता है। निचला भाग अवतल (पेट्रीमेण्ट) होता है जो कि  $\frac{1}{2}^\circ$  से  $7^\circ$  कोण वाला होता है। इसी तरह यदि किसी प्रवाह बेसिन (Drainage Basin) का वैज्ञानिक वर्णन करना होगा तो सबसे पहले स्थलाकृतिक मानचित्र पर अपना क्षेत्र में सर्वेक्षण द्वारा मध्य छोटी सरिताओं का पता लगाया जाता है तथा उन्हें प्रथम 'आर्डर' की सरिता कहते हैं। जहाँ पर दो प्रथम आर्डर की सरिताएँ मिलती हैं वहाँ पर द्वितीय आर्डर की सरिता हो जाती है। इस तरह आर्डर बढ़ता जाता है तथा अन्त में सबसे बड़ी सरिता के आधार पर सर्वोच्च आर्डर तय किया जाता है। प्रत्येक आर्डर की सभी सरिताओं की संख्या, उनकी लम्बाई प्रत्येक आर्डर की बेसिन का क्षेत्रफल ज्ञात करके उनके मात्रात्मक विवरण प्राप्त किये जाते हैं।

डिजायन अनुपात (Bifurcation ratio)  $R_b$

$$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}} \quad (N_u = \text{सरिता की संख्या})$$

सरिता की संख्या  $N_u$  (किमी निश्चित आर्डर की)

$$N_u = R_b^{(k-u)}$$

$k$  = मुख्य सरिता का आर्डर

$u$  = वांछित आर्डर

समस्त बेसिन की सरिता संख्या  $\Sigma N_u$

$$\Sigma N_u = \frac{R_b^k - 1}{R_b - 1}$$

लम्बाई अनुपात (Length Ratio)  $= R_L$

$$R_L = \frac{L_u}{L_{u-1}}$$

$L_u$  = किसी आर्डर की सरिताओं की औसत लम्बाई  
क्षेत्रफल अनुपात  $R_a$

$$R_a = \frac{\bar{A}_u}{\bar{A}_{u-1}}$$

$\bar{A}_u$  = किसी आर्डर की बेसिन का औसत क्षेत्रफल  
प्रवाह घनत्व (Drainage density)  $= D$

$$D = \frac{\Sigma L_k}{A_k}$$

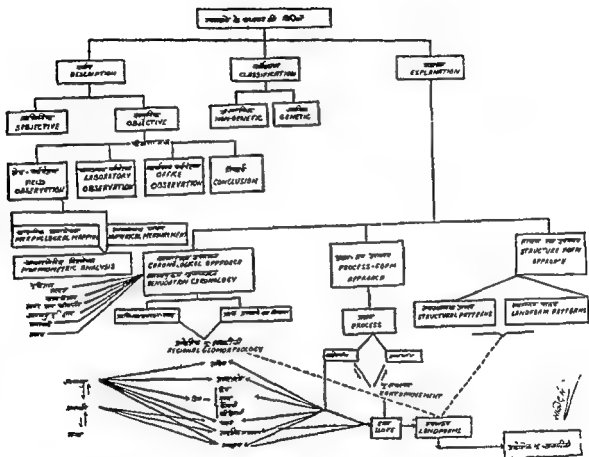
(सम्पूर्ण सरिताओं की कुल लम्बाई)  
(समस्त बेसिन का कुल क्षेत्रफल)

इस तरह के वर्णन को मात्रात्मक वर्णन (Quantitative description) कहा जाता है। भू-आकृति विज्ञान में इस तरह परिमाणन (Quantification) अधिक प्रचलित हो गया है और उससे सम्बन्धित आकारमिति (Morphometry, की एक अलग शाखा का विकास हो गया है। परिमाणन का प्रयोग न केवल स्थलरूपों के आकार में ही सम्बन्धित है बल्कि उनको निमित्त करने वाले प्रक्रियों (Processes) के अध्ययन में भी होता है।

2—स्थलरूपों का वर्गीकरण

स्थलरूपों के वर्णन के बाद क्षेत्रों में उनके वितरण का अध्ययन करने के बाद प्राथमिक आकृतिक मापन (Morphological mapping and measurement) के विवरण के आधार पर उनका वर्गीकरण दो प्रकार में किया जाता है।

(i) अ-जैविक वर्गीकरण (Non-genetic Classification)—जब वर्गीकरण के मुख्य आधार सांख्यिकीय आँकड़े ही होते हैं तो उन्हें वर्णनात्मक वर्गीकरण कहते हैं। इस वर्गीकरण से स्थलरूप के आकार-प्रकार का मात्रात्मक ज्ञान ही हो जाता है, परन्तु उनकी उत्पत्ति का आभास नहीं मिल पाता है। किसी पहाड़ी ढाल के



चित्र 2



मापन के बाद उमें खोणों के आधार पर ऊपर में नीचे चार भागों में विभक्त किया जा सकता है—उत्तल (Convex) ढाल, मुक्त पृष्ठ (Free face) ढाल, मरल-रत्ती (Rectilinear) ढाल तथा जवतल (Concave) ढाल। निम्नवत् ही यह वर्गीकरण खोणों में अन्तर के आधार पर किया गया है। इसी तरह प्रवाह वेसिन का (प्रथम, द्वितीय, तृतीय आदि आर्डर की वेसिन), ऊँचाई, लम्बाई और समय के आधार पर मागरीय तरंगों का (लघु तरंगें, अल्पमानिक तथा दीर्घ-बालिक तरंगें आदि), (बहाव) समय के आधार पर मरिताओं का (अल्पकालिक, अन्तराधिक—Intermittent, सतत वाहिनी—Perennial आदि) वर्गीकरण किया जा सकता है।

(ii) जननिक वर्गीकरण (Genetic classification)—जब वर्गीकरण का आधार स्थलरूप की उत्पत्ति की प्रक्रिया से सम्बन्धित होता है तो उसे जननिक वर्गीकरण कहते हैं। उदाहरण के लिये ढाल को विवर्तनिक (Tectonic), अपरदनात्मक (Erosional), संचयनात्मक (Slope of accumulation) आदि प्रकारों में रखा जा सकता है। घाटियों को अनुवर्ती (Consequent), परवर्ती (Subsequent) प्रत्यनुवर्ती (Obsequent), नवानुवर्ती (Ressequent), अक्रमवर्ती (Inconsequent) आदि प्रकारों में विभक्त किया जा सकता है। पर्वतों के वनित, अवरोधी (Block), गुम्बदाकार, सप्रहीत, अवशिष्ट आदि प्रकार हो सकते हैं। एकाकी स्थलरूपों के अलावा उनको सामूहिक रूप में भी वर्गीकृत किया जाता है, जैसे कि तरुण, प्रौढ़ तथा जीर्ण स्थलरूप अथवा एकचत्रीय बहुचत्रीय, अताड़ित या पुनर्जीवित (Exhumed or Resurrected) स्थलरूप आदि। एक ही प्रकार के स्थलरूपों के आधार पर भूतल के सभी स्थलरूपों को आकारजनक प्रदेशों (Morphogenetic regions) में विभक्त किया जाता है। यह विभाजन जलवायु प्रकारों के आधार पर किया जाता है क्योंकि यह विश्वास किया जाता है कि प्रत्येक जलवायु प्रकार में अपने ढंग की अपक्षय, अपरदन आदि की दशाएँ होती हैं जिनके द्वारा विशेष प्रकार के स्थलरूपों का विन्यास होता है। इस प्रकार एक जलवायु प्रदेश के स्थलरूप दूसरे जलवायु प्रदेश में इतने भिन्न तो अवश्य होते हैं कि उनको अलग किया जा सके। ऐक ने इस आधार

पर स्थलरूपों को (i) आर्द्र, (ii) अर्द्ध-आर्द्र, (iii) अर्द्ध-शुष्क तथा (iv) हिमानीय प्रकारों में विभक्त किया है। 1950 में पेल्टियर ने भूतल को 9 आकारजनक प्रदेशों में विभक्त किया है—(i) हिमानीय, (ii) परिहिमानीय, (iii) बोरियल (Boreal), (iv) सागरीय (Maritime), (v) सेल्वा (Selva), (vi) माडरेट (Moderate), (vii) मवाना, (viii) अर्द्धशुष्क तथा (ix) शुष्क।

### 3—स्थलरूपों की व्याख्या

स्थलरूपों के वर्णन तथा वर्गीकरण में उपलब्ध विवरण के आधार पर उनकी उत्पत्ति की व्याख्या की जाती है। इस सम्बन्ध में आवश्यकतानुसार उनकी उत्पत्ति से संबंधित परिवर्तना तथा मिश्रणों का भी प्रतिपादन किया जाता है। स्थलरूपों के निर्माण की प्रक्रिया की व्याख्या के लिए विकास उपगमन (Genetic approaches) प्रयोग में लाये जा सकते हैं। स्मरणीय है कि एकाकी स्थलरूप तथा स्थलरूप समूह दोनों की जननिक व्याख्या की जाती है।

(i) विकास उपगमन (Evolution approach)—डेविस के अनुसार स्थलरूप संरचना, प्रक्रम और अवस्था का प्रतिफल होता है। इस त्रिकट को मध्यम रूप से सभी खोणों में स्वीकार नहीं किया है। परन्तु इतना तो मानना ही होगा कि स्थलरूपों के निर्माण में भू-वैज्ञानिक संरचना तथा जलवायु प्रकार का अधिक हाथ रहता है। यदि भूपटल और स्थलरूपों के प्रादेशिक वितरण तथा जलवायु प्रकारों पर दृष्टिपात किया जाय तो जलवायु प्रकार और स्थलरूपों में घनिष्ठ सम्बन्ध अवश्य दृश्यमान है। इस तरह जब हम किसी स्थान के स्थलरूपों का अध्ययन करते हैं तो यह पता लगाना होता है कि उनकी उत्पत्ति में जलवायु का क्या हाथ रहा है। सामान्य वर्षा वाले आर्द्र प्रदेश के घूने के पत्थर वाले भाग में कास्ट स्थलाकृति का निर्माण होता है। पेडीमेंट के निर्माण में शुष्क तथा अर्द्ध-शुष्क जलवायु का हाथ रहता है। इसी तरह ढालों में विचार में जलवायु का हाथ अवश्य होता है। उदाहरण के लिए आर्द्र प्रदेशों में उत्तल-जवतल ढाल का विकास होता है। इस तरह के अध्ययन के बाद ही सत्यता का प्रतिपादन किया जाता है—“प्रत्येक जलवायु प्रकार अपना विशिष्ट स्थलरूप निर्मित करता है।” स्थलरूप के निर्माण में भूवैज्ञानिक संरचना का महत्व कम नहीं होता है। संरचना में यह देखा जाता है कि चट्टान के प्रकार ने या उनकी बठोरता

ने या उसने नति (Dip) कोण ने स्थलरूप को अधिक प्रभावित किया है। आर्द्र प्रदेशों के मृत्तिका (Clay) वाले भाग में अवतल ढाल का विकास होता है जबकि चूने के पत्थर पर उत्तल ढाल का निर्माण होता है। स्पष्ट है कि प्रत्येक क्षेत्र अपना विशिष्ट स्थलरूप बनाती है। इसी आधार पर मकल्पना का प्रतिपादन किया गया है—'स्थलरूपों के निर्माण में भू-वैज्ञानिक संरचना सबसे महत्वपूर्ण नियंत्रण कारक होती है।'

(ii) कालानुक्रम उपगमन (Chronological approach)—यह उपगमन 'पुनर्लिखित हस्तलिपि' (Palimpsest) की संकल्पना पर आधारित है। जिस तरह कोई हस्तलिपि तैयार होती है तथा उस मिटाकर पुनः दूसरी लिखावट की जाती है, तो प्रारम्भिक लिखावट में कुछ अंश परिलक्षित होते हैं। उसी प्रकार भ्वाकृतिक इतिहास की पुस्तक के विभिन्न अध्यायों (भ्वाकृतिक घटनाओं के विभिन्न काल) में प्रारम्भिक प्रक्रमों द्वारा जिस स्थलाकृति का मूलन हुआ, आगे आने वाले समय में दूसरे प्रक्रमों ने उन स्थलाकृतियों के अधिक भाग को मिटाकर (अपगर्हित करके) नये स्थलरूपों का मूलन किया है, परन्तु प्रारम्भिक स्थलरूपों के कुछ अवशिष्ट भाग आज भी परिलक्षित होते हैं। इन अवशेषों के आधार पर भ्वाकृतिक इतिहास की पुस्तक के प्रारम्भिक रूप को संवारा जा सकता है। इस विधि के अन्तर्गत स्थलरूपों की विकासात्मक सरणियों (Developmental stages) का अध्ययन समय (अवस्था) के परिवर्तन में किया जाता है। इस ऐतिहासिक उपगमन में यह देखा जाता है कि स्थलरूप विशेष या समूह का वर्तमान रूप कैसे प्राप्त हुआ है। उसका प्रारम्भिक रूप क्या था तथा वर्तमान रूप को प्राप्त करने में उसे अपने विकास की कितनी सरणियों से होकर गुजरना पड़ा है। इस उपगमन में किसी क्षेत्र विशेष को चुना जाता है तथा उसके अनाच्छादन कालानुक्रम (Denudation Chronology) का अध्ययन किया जाता है। निश्चय ही कालानुक्रम उपगमन प्रादेशिक भू-आकारिकी (Regional Geomorphology) से सम्बन्धित है। इस अध्ययन का प्रमुख आधार प्रारम्भिक अवशिष्ट अपरदन सतह (Erosional surfaces) है। अध्ययन के दौरान पहले इन समुद्राव सतहों (Planation surfaces) की पहचान (Identification), उनका तिथिकरण (Dating) तथा व्याख्या (Interpretation) की जाती है। इसके बाद उन क्षेत्र

में प्रवाह-प्रणाली के विकास का ऐतिहासिक अध्ययन किया जाता है ताकि यह विदित हो सके कि वर्तमान-प्रवाह-प्रणाली का रूप कैसे प्राप्त हुआ है। कालानुक्रम उपगमन में भू-विज्ञान (संरचना तथा अश्मविज्ञान-lithology), सागर-तल में परिवर्तन, जलवायु सम्बन्धी परिवर्तन, जनसंख्या तथा मानव-क्रिया कलाप का पर्याप्त महत्व होता है।

यदि किसी क्षेत्र के तटीय भाग में वर्तमान सागर-तल के विकास का अध्ययन करना हो तो यह देखा होगा कि उसमें बितन वार परिवर्तन हुए हैं तथा प्रारम्भिक सागर तल की ऊँचाई क्या थी? इसमें निचे निक्छावट (Knick points) प्रारम्भिक नदी वेदिकाओं के अवशेष तथा प्रवणित नदी (Graded river) के अवशिष्ट किन्तु सुरक्षित भागों की सहायता से नदी को प्रारम्भिक साम्यावस्था की परिच्छेदिका (profile of equilibrium) तथा प्रवणित बह का पता लगाकर प्रारम्भिक सागर-तल को जाना जा सकता है। इस कार्य हेतु प्रवणित बह के अवशेष भागों की गणितीय बहिर्वेशन (Mathematical extrapolation) की विधि द्वारा पुनर्रचना (Reconstruction) करके प्रारम्भिक प्रवणित बह का पता लगाया जाता है और निम्न नियम (घोष 1934) के आधार पर वर्तमान सागर-तल तथा प्रारम्भिक सागर तल के बीच की ऊँचाई ज्ञात की जा सकती है—

$$y = a - k \log (p - x)$$

$y$  = सागर-तल में नदी की ऊँचाई।

$a, k$  = नदी के कास्टेंट।

$p$  = नदी की लम्बाई।

$x$  = नदी के मुहाने से दूरी।

कालानुक्रम उपगमन में दो कठिनाइयाँ उपस्थित हो जाती हैं—(1) समुद्राव सतह भू-भाग का आंशिक भाग ही प्रदर्शित करती है, अतः वर्तमान स्थलरूपों में केवल कुछ का ही अध्ययन इस उपगमन में सम्भव है। (2) यह उपगमन कल्पना पर अधिक आधारित है क्योंकि अपरदनात्मक प्रक्रमों द्वारा ये स्थलरूप इतने परिवर्तित हो चुके हैं कि उनके प्रारम्भिक रूप की पुनर्रचना कठिन हो जाती है।

(iii) प्रक्रम रूप उपगमन (Process form approach)—इस उपगमन के अन्तर्गत स्थलरूप तथा प्रक्रम के बीच सम्बन्ध का अध्ययन किया जाता है तथा यह

इस बात पर आधारित है कि प्रत्येक प्रक्रम अपना स्वयं का स्थलरूप निर्मित करता है। इस अध्ययन के दो रहस्य हैं—(1) यह देखना है कि वर्तमान स्थलरूप के निर्माण में किस प्रक्रम का हाथ रहा है। उदाहरण के लिए उन क्षेत्रों में, जहाँ इस समय शीतोष्ण जलवायु पाई जाती है, यदि परमाफास्ट से सम्बन्धित स्थलरूप मिलते हैं तो इतना तो निश्चित हो जाता है कि वर्तमान जलवायु से सम्बन्धित जलीय प्रक्रम (Fluvial process) का उनके निर्माण में कोई हाथ नहीं रहा है। ऐसी हालत में परिहिमानी प्रक्रम (Periglacial process) का प्रभाव अमिट हो जाता है। (2) यदि किसी क्षेत्र में वर्तमान समय में कोई प्रक्रम कार्यरत है तो उससे निर्मित होने वाले भावी स्थलरूप की रूप रेखा तैयार की जा सकती है।

वास्तव में यह उपगमन अधिक वैज्ञानिक है तथा गणितीय विधियों में ओत-प्रोत है। गवने पहले प्रक्रमों का विश्लेषण आवश्यक होता है। प्रक्रम दो प्रकार के होते हैं—अन्तर्जात प्रक्रम, जिनके द्वारा भू-संचलन (Earth movements) होने से विवर्तनिक स्थलरूपों (Tectonic landforms) का निर्माण होता है तथा बहिर्जात प्रक्रम, जिनके अन्तर्गत नदी, भूमिगत जल, सागरीय तरङ्ग, हिम तथा हिमानी, परिहिमानी, पवन (अपरदनात्मक प्रक्रम) तथा अपक्षय (भूमि स्खलन, मृदासर्पण, पक बाह, वृष्टि धुलन (Rain wash)। इन प्रक्रमों की क्रिया विधि (Mechanism), प्रचालन का स्वभाव तथा दर (Nature and rate of operation) का अलग-अलग तथा पारस्परिक विश्लेषण आवश्यक हो जाता है। परन्तु यह ध्यान में रखना होगा कि विश्लेषण इतना गणितीय न हो जाय कि वह भू-आकृति विज्ञान-वेत्ता की परिधि से बाहर चला जाय। इन प्रक्रमों द्वारा होने वाले अपरदन, परिवहन तथा निक्षेप से सम्बन्धित मॉडल प्रयोगशालाओं में तैयार किये जा सकते हैं और उनसे प्राप्त परिणामों का क्षेत्र में वास्तविक दस्तुम्पित से परीक्षण किया जा सकता है।

इस उपगमन में कई कठिनाइयों का सामना करना पड़ सकता है। (i) सभी प्रक्रमों की क्रिया विधि (Mechanism) समान नहीं है। कुछ इतनी मन्द गति (सामयिक अपक्षय, मृदासर्पण आदि) से कार्यरत होते हैं कि उनका मृदम मापन आवश्यक हो जाता है। इसी तरह कुछ प्रक्रम (वृष्टि-धुलन—rain wash) एक-एक

कर कार्य करते हैं। इनकी क्रिया-विधि का सही ज्ञान प्राप्त करना दुष्कर हो जाता है। परन्तु वर्तमान समय में कई ऐसे यंत्र बना लिए गये हैं जिनसे इन प्रक्रमों की क्रिया विधि का मापन आसानी से हो जाता है। करेण्ट-मीटर से नदी का वेग ज्ञात कर लिया जाता है। नदी वेग (V) एवं क्राश सेक्सनल क्षेत्र के मापन के आधार पर नदी-विसर्जन (River discharge) मातृम किया जा सकता है—

विसर्जन  $D = V$  (औसत नदी वेग)  $\times A$  (क्राश सेक्सनल क्षेत्रफल) = घन फिट प्रति सेकण्ड (कासेक)।

इसी तरह मागर-तल (Bed) पर रेत की गति का प्रति-दीप्ति ट्रैसर (Fluorescent tracer) से मापन कर लिया जाता है। हिमानी की गति का मापन इनक्ला-टोमीटर से किया जाता है। (ii) कुछ स्थलरूपों में परिवर्तन इनकी मन्द गति से होता है कि एक मानव-जीवनकाल के अन्तर्गत उनका अवलोकन तथा मापन सम्भव नहीं हो पाता है। (iii) एक प्रक्रम का एक स्थल-रूप में सम्बन्ध स्थापित करना क्लृप्तपूर्ण है क्योंकि किसी भी स्थलरूप के निर्माण में कई प्रक्रम मिलकर साध-साध कार्य करते हैं। ऐसी स्थिति में प्रयोगशाला में मॉडल के प्रयोग में कुछ गहरी निष्कर्ष निकाला जा सकता है।

(iv) संयुक्त उपगमन (Composite approach)—प्रादेशिक भू-आकारिकी के अध्ययन के समय उपर्युक्त उपगमन का सामूहिक रूप वांछित हो जाता है। इतना ही नहीं किसी स्थलरूप विशेष के अध्ययन में भी कई उपगमन का सहारा नितान्त आवश्यक होता है।

### निराकरण

यदि स्थलरूपों के अध्ययन की विधियों और उप-गमनों का विश्लेषण किया जाय तो यह तथ्य उभर कर सामने आता है कि प्रत्येक उपगमन स्थलरूप के निर्माण से सम्बन्धित किसी एक कारक से सम्बन्धित है। विकास उपगमन में संरचना तथा जलवायु (डेविस-structure), कालानुक्रम उपगमन में विकासीय शृंखलाएँ (Developmental series डेविस-stage) तथा प्रक्रम-रूप उपगमन में प्रक्रम (डेविम-Process) को आधार माना जाता है। इस तरह स्पष्ट है कि स्थलरूपों के अध्ययन में गणित का चाहे कितना ही प्रवेश क्यों न हो, विषय कितना ही मात्रात्मक (Quantitative) क्यों न हो गया हो परन्तु वह डेविस द्वारा प्रतिपादित “स्थलरूप,

संरचना, प्रक्रम और अवस्था का प्रतिफल है" में आगे नहीं जा सका है।

यद्यपि संरचना, प्रक्रम तथा समय (अवस्था) के परिवेश में स्वरूपों का क्रमबद्ध तथा च्योरेचर अध्ययन व्यक्त विशेष के अन्तर्बोध (Intuition) पर आधारित है तथापि यदि यह मान लिया जाय कि स्वरूप अपरिवर्तनशील नहीं हैं तो निश्चय ही यह अवधारणा बनती है कि यदि परिवर्तन होता है तो "कुछ का (संरचना

का) 'कुछ द्वारा (प्रक्रम द्वारा) कुछ निश्चित समय तक (अवस्था) परिवर्तन अवश्य होता है"—(that if change is in progress, some thing (structure) is being altered by some thing (process) to a definable extent (stage) or for a definite interval (time). A. L. Bloom). स्वरूपों के अध्ययन से सम्बन्धित संकल्पनाओं तथा मिथ्यान्तों के लिए देखिये अध्याय दो तथा तीन।

---

# स्थलरूपों के विकास के सिद्धान्त (Theories of Landform Development)

सर्वमान्य सिद्धान्त का अभाव

स्थलरूपों की उत्पत्ति एवं विकास की समस्या आज भी अनुत्तरित एवं विवादास्पद बनी हुई है। यद्यपि भू-आकृतिक विज्ञान के विकास के प्रत्येक प्रमुख चरण में स्थलरूपों की उत्पत्ति तथा विकास से सम्बन्धित सामान्य एवं विशिष्ट सिद्धान्तों का प्रतिपादन सम्बन्धित युग की दार्शनिक एवं वैज्ञानिक विचारधारा के अनुरूप किया गया है तथापि कोई भी सिद्धान्त सर्वमान्य नहीं हो पाया है। भूपटल के विभिन्न क्षेत्रों में विशिष्ट स्थलरूपों के विकास का सम्बन्ध विभिन्न कारकों में जोड़ा गया है एवं उनके अध्ययन की विभिन्न विधाओं एवं उपयोगों का प्रतिपादन किया गया है परन्तु इन स्थलरूपों की समस्या कि (1) 'स्थलरूपों में समय के साथ विकसनीय प्रावस्थाएँ होती हैं एवं उनमें क्रमिक परिवर्तन होता है' (समय-निर्भर स्थलरूप संकल्पना, Time dependent landform concept), या (2) 'स्थलरूप समय-स्वतन्त्र होते हैं एवं उनमें समय के साथ परिवर्तन नहीं होता है वरन् वे साम्यावस्था की स्थिति में होते हैं' (गतिक सन्तुलन संकल्पना, dynamic equilibrium or time independent concept), या (3) 'प्रत्येक प्रक्रम स्थलरूपों का विशिष्ट एवं निश्चित समूह उत्पन्न करता है तथा स्थलरूपों की उत्पत्ति एवं विकास प्रक्रम पर आधारित होता है' (प्रक्रम रूप संकल्पना, process form approach), या (4) 'विभिन्न जलवायु प्रदेशों में विभिन्न प्रकार के स्थलरूप समूह उत्पन्न होते हैं' (जलवायु भू-आकारिकी संकल्पना, climato-genetic concept), या (5) 'स्थलरूपों की उत्पत्ति एवं विकास में भू-वैज्ञानिक संरचना प्रमुख नियंत्रक कारक होती है' (संरचना-रूप संकल्पना, structure form concept), या (6) 'स्थलरूपों की उत्पत्ति एवं विकास में दिवर्तनिक (tectonic) क्रियाएँ सर्वाधिक महत्वपूर्ण होती हैं' (दिवर्तन भू-आकृतिक संकल्पना, tectono-geomorphic concept) आदि का वर्तमान समय तक समाधान नहीं हो पाया है।

प्रश्न उठता है, क्या कारण है कि आज तक किसी भी सर्वमान्य सामान्य सिद्धान्त का प्रतिपादन नहीं किया जा सका? हिगिन्स का कहना है कि इस तरह के सर्व-

मान्य सिद्धान्त के अभाव का एक कारण यह है कि संरचना, प्रक्रम एवं रूप (form) के विषय में विचारों में जितना वैषम्य है उतना ही वैषम्य संरचना, प्रक्रम एवं स्थलरूपों में भी है—'It would seem that one reason we lack an acceptable theory of landscape development is that there is as much diversity of opinion about structure, process and form as there is diversity among structures, process and landforms themselves' (C. G. Higgins). स्पष्ट है कि स्थलरूपों के नियंत्रक कारकों (संरचना, जलवायु, वनस्पति, मिट्टी, मानव हस्तक्षेप आदि) में भूपटल पर क्षेत्रीय एवं बालिक (spatial and temporal) दोनों स्तरों पर पर्याप्त अन्तर एवं विषमता होती है तथा स्थलरूपों में सरलता की अपेक्षा जटिलताएँ अधिक होती हैं तथापि इनके विकास का सम्बन्ध अलग-अलग विद्वानों द्वारा एकाकी कारक से जोड़ा गया है और अलग-अलग सिद्धान्तों का प्रतिपादन किया गया है। हिगिन्स ने अनुसार स्थलरूपों की उत्पत्ति से सम्बन्धित सिद्धान्तों में विवाद इसलिए उत्पन्न हो गया कि सिद्धान्त या सिद्धान्तों का आवश्यकता से अधिक माध्याव्यकरण (Simplification) कर दिया गया है। हिगिन्स का कहना है कि 'कोई भी ऐसा निष्कर्षात्मक सिद्धान्त या भू-आकृतिक तंत्र नहीं हो सकता जो सभी स्थलरूपों को समाविष्ट कर सके' (There may be no definitive theory or geomorphic system that can fit all landscapes).

जातव्य है कि अमुक सिद्धान्त के प्रतिपादक ने अपने सिद्धान्त का प्रतिपादन भूपटल के किसी लघु क्षेत्र के पर्यवेक्षण के आधार पर ही कर डाला है जो कि सार्वत्रिक एवं सर्वमान्य नहीं हो पाया है। यह कहना अनुचित नहीं होगा कि स्थलरूपों एवं उनके नियंत्रक कारकों में इतना अधिक वैषम्य, जटिलता एवं परिवर्तनशीलता होती है कि भूपटल के सभी क्षेत्रों एवं पर्यावरण में उत्पन्न स्थलरूपों के विकास की समस्या का समाधान एकल सिद्धान्त से नहीं किया जा सकता है। अपितु इसके लिये कई सिद्धान्तों का होना या यों कहें कि मिश्र

सिद्धांत का प्रतिपादन न केवल औचित्यपूर्ण है बल्कि अपरिहार्य भी है। हिगिन्स के अनुसार बहुसिद्धांत की आवश्यकता है या विभिन्न उद्देश्यों के लिये विभिन्न सिद्धान्त होने चाहिये। अर्थात् या तो उभयनिष्ठ मिश्र सिद्धान्त हो या उद्देश्य-परक अलग-अलग सिद्धान्त हो। 'एक वैज्ञानिक के रूप में स्थलरूपों की उत्पत्ति का हम यथोचित या पूर्ण युक्तियुक्त उत्तर चाहते हैं, परन्तु यदि प्राकृतिक विश्व युक्तिहीन (irrational) है तो कोई आन्तरिक ढंग से पूर्ण एवं सारभूत सिद्धान्त या तंत्र सम्भव नहीं हो सकता'—'We need multiple theories or different theories for different purposes ..... as scientists we may all be seeking a 'correct' or complete rational answer to landform origins, but if the natural world is irrational, no internally complete and substantive theory or system would work'.

पुनश्च, अब तक प्रतिपादित सिद्धान्तों में लोचकता का अभाव रहा है जिस कारण किसी एक 'सामान्य तंत्र' (general system) में विभिन्न दृष्टिकोणों एवं दशाओं का समावेश नहीं हो पाया है। पिछले दशकों में प्रक्रम तथा रूप से सम्बन्धित किये गये गहन शोध कार्यों के परिणामों से भी यही इंगित होता है कि किसी भी समस्या (स्थलरूपों सम्बन्धी) के समाधान के लिये एकाकी हल के बजाय बहुल हल (multiple solutions) की आवश्यकता है। उदाहरण के लिये ढालों में अधःक्षय (down wearing) द्वारा पतन हो सकता है या समानान्तर निवर्तन द्वारा ढाल कोण स्थिर रह सकते हैं। ये सम्भावनायें स्थानीय दशाओं पर निर्भर करती हैं। सर्वमान्य सिद्धांत के अभाव का एक यह भी कारण रहा है कि अधिकांश लोगो ने प्रक्रम एवं रूप के सम्बन्धों की व्याख्या सही ढंग से नहीं की है। इसका प्रमुख कारण यह रहा है कि वर्तमान समय में प्राप्य स्थलरूपों का सम्बन्ध वर्तमान प्रक्रमों से जोड़ा गया है जबकि अधिकांश स्थलरूप अवशिष्ट हैं तथा उनका निर्माण वर्तमान में भिन्न प्रक्रमों से भी हुआ होगा (ऐसा सम्भव है)।

**भ्वाकृतिक सिद्धान्त का महत्त्व तथा उद्देश्य**

किसी भी विज्ञान में नवीन सकल्पना एवं अध्ययन के लिये प्रेरणा प्रदान करने के लिये सिद्धान्त की आवश्यकता होती है। भू-आकृति विज्ञान में भी स्थलरूपों के वर्णन एवं व्याख्या के लिए सामान्य या साविक सिद्धान्त (general theory) की आवश्यकता है। भ्वाकृतिक

सिद्धान्त की प्रमुख भूमिका भू-आकारिकी के तीन प्रमुख पहलुओं—वर्णनात्मक, जननिक-ऐतिहासिक एवं प्रक्रम परक (process-oriented)—में समन्वय एवं एकीकरण करने की है। भ्वाकृतिक सिद्धान्त के प्राहण अनेक हो सकते हैं यथा—आकार या प्रक्रम का आनुभाषिक साधारणीकरण (empirical generalisation) या पर्यवेक्षित तत्त्व की व्याख्या। इस तरह के साधारणीकरण (या व्याख्या) अल्पकालिक या दीर्घकालिक प्रभावों तथा परिवर्तनों से सम्बन्धित हो सकते हैं, वारंवारिक स्थलरूपों एवं प्रक्रमों के अध्ययन पर आधारित हो सकते हैं, प्रतिरूपों (models) पर आधारित हो सकते हैं आदि। सबसे महत्त्वपूर्ण वे सिद्धान्त होते हैं जो सर्वाधिक साधारण (most general) होते हैं ताकि वे सामान्य दशाओं में उद्भव से लेकर अन्तिम रूप तक स्थलरूपों के विकास की व्याख्या सामान्य रूप में कर सकें। हिगिन्स के अनुसार किसी भी सिद्धान्त में स्थलरूपों एवं स्थलाकृतियों (landforms and landscapes) से सम्बन्धित निम्न तीन तहकीकात (inquiry) का हल मिलना चाहिये—

(i) स्थलरूपों का किस तरह सर्वोत्तम वर्णन किया जा सकता है ?

(ii) इनका निर्माण कैसे हुआ है ? तथा समय के साथ इनमें परिवर्तन कैसे हुआ है ?

(iii) इनका निर्माण किन प्रक्रमों से हुआ है ? तथा ये प्रक्रम कैसे कार्य करते हैं।

अतः किसी भी आदर्श सिद्धान्त में निम्न गुण होने चाहिये—

(i) स्थलरूपों के वर्णन के लिये सुगम एवं आसानी से ग्राह्य शब्दावली का प्रयोग होना चाहिये।

(ii) वह प्रचलित/वर्तमान भू-वैज्ञानिक एवं भ्वाकृतिक विचारधारा के अनुरूप हो।

(iii) वह ऐतिहासिक व्याख्या एवं स्थलरूपों के परिवर्तन की पूर्व सूचना (future prediction) के लिये आधार प्रस्तुत कर सके।

**भ्वाकृतिक सिद्धान्त : ऐतिहासिक परिचय**

यद्यपि स्थलरूपों के विकास से सम्बन्धित व्यवस्थित एवं सामान्य सिद्धान्त का प्रतिपादन विलियम मोरिस डेविस द्वारा 1889 एवं 1899 में 'सरिता-जीवन का पूर्ण चक्र' तथा 'भौगोलिक चक्र' के रूप में किया गया तथापि इसके पहले भी भूतत्व की भौतिक आकृतियों के उद्भव, विकास एवं विनाश से सम्बन्धित 'प्रत्येकवादिता

की संकल्पना' (concept of catastrophism) एवं जेम्स हटन की 'एकरूपतावाद की संकल्पना' (concept of uniformitarianism) का प्रतिपादन किया गया था। वास्तव में भूआकृतिक सिद्धान्त (geomorphic theory) का प्रारम्भ थोमस हार्नर द्वारा हुआ है यद्यपि उन्होंने अपने को 'सिद्धान्तकार' (theorist) के बजाय 'अन्वेषक' (investigator) कहता अथवा समीचीन समझा। इन्होंने स्थलरूपों के विकास से सम्बन्धित कुछ व्यापक सामान्यीकरण (broad generalisation) किया तथा कतिपय नियमों का प्रतिपादन भी किया (यथा—समाप ढाल का नियम-law of uniform Slope, संरचना का नियम-law of structure, जलविभाजकों का नियम-law of divides कार्य की समता की प्रवृत्ति-tendency to equality of action या गतिक संतुलन की स्थापना, अंगों के परस्परअवलम्बन का नियम-law of inter-dependence of parts) आदि।

स्थलरूपों के विकास के प्रथम वास्तविक एवं सांख्यिक सिद्धान्त का प्रतिपादन डेविज द्वारा 'भौगोलिक चक्र' (geographical cycle) के रूप में 1899 में किया गया। प्रारम्भ में डेविज ने अपने 'भौगोलिक चक्र' का प्रतिपादन आर्द्र शीतोष्ण प्रदेशों के स्थलरूपों के विकास की व्याख्या के लिए किया था परन्तु आगे चलकर इस चक्रीय संकल्पना का प्रयोग शुष्क प्रदेशों (डेविज, 1903 1905 एवं 1930), हिमानी क्षेत्रों (डेविज, 1900 1906), समर तटीय प्रदेशों (डेविज, 1912 जानमन, 1919), वास्ट प्रदेश (बीदी, 1911, स्वीडिन, 1948) तथा परिहिमानी क्षेत्रों (पेटिटयर, 1950) में स्थलरूपों के विकास की व्याख्या के लिए भी किया गया। इस चक्रीय संकल्पना के व्यापक प्रयोग में इसे कमजोर बना दिया तथा न केवल इसकी आलोचनाएँ हुईं मशोघन प्रस्तुत किये गये बल्कि इसके अस्वीकरण एवं परित्याग के लिये भी आवाज बुलन्द की गई। परिणामस्वरूप बैंक का 'भूआकृतिक सिस्टम' (1924), क्रिकले का 'पेनस्पेसिअल चक्र' (1933, आगे चलकर असमान त्रिआशीलता की परिकल्पना, 1959, 1975), ग्लेन सी. पग का 'पेडोस्पेसिअल चक्र' (1948), 'भूआकृतिक सिस्टम' (1953, 1962, 1963, एवं 1967), पुग (Pugh) का 'संवत्सरात्मक चक्र' (1966) आदि सिद्धान्त डेविज के भौगोलिक

चक्र के विरोध एवं संशोधन के रूप में प्रकाश में आये।

1930-40 दशक में भू-विज्ञान में क्रुश्चिन द्वारा तथा भू-आकारिकी में हार्टन (1932, 1945) द्वारा प्रक्रम एवं स्थलरूपों के अध्ययन में परिमाणन (quantification) का प्रारम्भ तथा स्ट्रालर द्वारा उनका सम्बर्द्धन (1950, 1952 एवं 1958) भूआकृतिक सिद्धान्तों में नये मोड़ का कारण बना। विद्वानों की खान स्थलरूपों के विकास के सामान्य सिद्धान्त के प्रतिपादन, उनकी बाधनीयता एवं आवश्यकता में कम, स्थलरूपों की जानकारी एवं अध्ययन के परिणाम में अधिक थी। यही कारण है कि जब वल० सी० किंग की पुस्तक 'Canons of Landscape Development' का प्रकाशन 1953 में हुआ और उसका सिद्धान्त 'Landscape cycle', 'Epigene cycle', 'Pediplanation cycle' के रूप में प्रकाश में आया तो लोगों का ध्यान आकर्षित नहीं हो पाया क्योंकि अब सिद्धान्त में दिग्दर्शनी नहीं रह गयी थी। आगे चलकर 'समय के परिवर्ष में स्थलरूपों के विकास की क्रमिक विकासीय प्रावस्थाओं' के विपरीत 'गतिक संतुलन सिद्धान्त' (स्ट्रालर 1950, 1952, हैक 1960, 1965, 1975, कोर्ले 1962) का प्रतिपादन किया गया। इसके अलावा 'भूआकृतिक सीमान्त सिद्धान्त' (geomorphic threshold theory) 'विवर्तन-स्थलरूप सिद्धान्त' (tectono-landform theory), 'घट्ट कालिक अपरदन सिद्धान्त' (episodic erosion theory) आदि डेविज के 'भौगोलिक चक्र' के अस्वीकरण (?) में उत्पन्न संकल्पनात्मक अन्तराल (conceptual-vacuum) की पूर्ति के लिए किये गये प्रयासों के प्रतिफल हैं।

### भूआकृतिक सिद्धान्तों के आधार (Bases of Geomorphic Theories)

पिछले दो सौ वर्षों में भूआकृतिक विचारों के विकास से इतिहास (अध्याय 1) के अध्ययन से स्पष्ट होता है कि भूआकृतिक सिद्धान्तों के आधार एवं उद्देश्य जल विशेष की दार्शनिक विचारधाराओं एवं संकल्पनात्मक प्रवृत्ति से ओत-प्रोत रहे हैं। ऐतिहासिक परिवर्ष में भूआकृतिक सिद्धान्तों के आधार (प्रारम्भ से वर्तमान) उद्देश्यमूलक/प्रयोजन परक (teleological), सर्वव्यापी (immanent), ऐतिहासिक, वर्गीकरणात्मक

(taxonomic), कार्य-कार्यात्मक (functional), यथार्थवादी (realist), परम्परावादी (conventionalist) एवं व्यवहारवादी / प्रमाणवादी (positivist) रहे हैं।

(i) उद्देश्यमूलक/प्रयोजन परक सिद्धान्त—भू-आकारिकी के विकास के प्रारम्भिक चरण में भ्वाकृतिक पर्ववैज्ञानिक प्रचलित अन्धविश्वासी विचारधारा से पूर्णरूपेण आबद्ध था। इस तरह के अध्ययन का मुख्य उद्देश्य ईश्वर के मनुष्य के प्रति आदेशों की सार्थकता को प्रमाणित करना था। अठारहवीं शती के उत्तरार्द्ध तक भ्वाकृतिक अध्ययन का मुख्य विषय स्वयं स्थलरूप ही नहीं था अपितु वह ईश्वर की दृश्य अभिव्यक्ति के रूप में लिया जाता रहा। प्रलयवादिता का सिद्धान्त (theory of catastrophism) इसका प्रमुख उदाहरण है। 1820 में डीन बकलैण्ड द्वारा प्रकाशित 'Vindicate Geological' (Dean Buckland) उद्देश्यमूलक सिद्धान्तों पर आधारित भ्वाकृतिक विवरण का सुब-मूर्त उदाहरण है। स्मरणीय है कि इस तरह के सिद्धान्त के मुख्य आधार वे घटनाएँ थी जो त्वरित एवं व्यापक थी (समय एवं क्षेत्र, दोनों पर विषम), अत्य-कालिक एवं सीमित क्षेत्रीय घटनाओं पर ध्यान नहीं दिया गया। अतः इस आधार एवं सिद्धान्त को न केवल क्याति कम हुई अपितु इसका अवसान भी हो गया।

(ii) सर्वव्यापी/अन्तर्निहित सिद्धान्त (Immanent Theory)—उद्देश्यमूलक सिद्धान्त के अवसान के साथ ही लोगों का ध्यान समय एवं स्थान के सन्दर्भ में सधु परिमाण वाली घटनाओं की ओर उन्मुख हुआ। स्थलरूपों की विशेषताओं की व्याख्या उनकी आन्तरिक प्रकृति के आधार पर प्रारम्भ हुई। इस तरह उद्देश्य-मूलक सिद्धान्त वहिर्जात एवं अन्तर्जात प्रक्रमों के कल्पित आन्तरिक सप्तणों पर आधारित है। जैम्स हटन एवं जॉन स्टेकेंडर के कार्य इसका प्रमुख उदाहरण हैं। इनकी यह धारणा रही है कि अपरदन एवं निक्षेपण के स्थानिक प्रारूप (Spatial patterns) स्वतः सह-सम्बन्धित (autocorrelated) हैं। इस तरह अपरदन और निक्षेपण में, उत्थान एवं अवतलन में, आकार एवं-प्रक्रम में अन्तर्निहित / स्वभावज सम्बन्ध की अवधारणा का सिल-सिला प्रारम्भ हुआ। उन्नीसवीं शदी में उद्देश्यमूलक सिद्धान्त की एक और अभिव्यक्ति स्थलरूप एवं भू-विज्ञान के सम्बन्ध के रूप में हुई। इस तरह की अव-धारणा पश्चिमी यूरोप एवं उत्तरी-पूर्वी उत्तरी अमेरिका

में प्रचलित शैल एवं उच्चावच में सम्बन्ध तथा शैल-संस्तर भू-विज्ञान (bedrock geology) के भूमापन/मानचित्रण और स्थलरूपों की व्याख्या में प्रतीकात्मक सम्बन्ध (Symboitic relationships) की विचार-धारा पर आधारित थी। स्मिथ (W. Smith), लेस्ले (J. P. Lesley) तथा पवेल (J. W. Powell) ने स्थलरूप-उच्चावच सम्बन्धों का सफलतापूर्वक अध्ययन किया तथा इस सिद्धान्त का प्रतिपादन किया कि स्थलरूपों में संरचना की पूर्ण अभिव्यक्ति होती है। इस संरचना-रूप (Structure-form) सिद्धान्त का प्रभाव आज भी वर्तमान है। ज्ञातव्य है कि स्थलरूपों तथा संरचना एवं अश्मविज्ञान / शैलिकी (lithology) में सम्बन्धों की दृष्टि गहरा मान लिया गया कि शैल एवं उच्चावचों के बीच कार्य-कारण के अध्ययन की आवश्यकता ही नहीं समझी गयी। आगे चलकर संरचना के सूक्ष्मस्तरीय अध्ययन से यह अभास हो चला कि संरचना में पर्याप्त अन्तर होता है। उसकी बाहरीकियों का अध्ययन होना चाहिए। परिणामस्वरूप उद्देश्यमूलक सिद्धान्त में पुनः परिमार्जन तथा सन्दर्भन हुआ। यह विश्वास हो गया कि बहु-क्षेत्र में ही शैल एवं उच्चावच के मध्य गहरा सम्बन्ध हो सकता है। उन्नीसवीं शदी के उत्तरार्द्ध में गहन क्षेत्रीय अध्ययन से स्पष्ट हो गया कि सूक्ष्म स्तर पर स्थलरूपों पर संरचनात्मक नियंत्रण का प्रभाव नगण्य है। परिणामस्वरूप उद्देश्यमूलक सिद्धान्त के स्थान पर ऐतिहासिक सिद्धान्त का प्रतिपादन प्रारम्भ हो गया।

(iii) ऐतिहासिक सिद्धान्त—ऐतिहासिक सिद्धान्त का मुख्य आधार एकाकी घटनाओं का ऐतिहासिक अनुक्रम (historical succession) है जिसके अन्तर्गत स्थलरूपों की व्याख्या विकासीय रूप (evolutionary manner) में की जाती है। अतः स्थलरूपों की ऐतिहासिक व्याख्या का मुख्य उद्देश्य पूर्वकथन (Prediction) न हो कर पश्चानयन (retroduction) होता है। ऐतिहासिक सिद्धान्त 'विकास (क्रम विकास) के नियम' (law of evolution) से आबद्ध है। इस सन्दर्भ में 'अपरदन-चक्र सिद्धान्त', 'अनाच्छादन कालक्रम' तथा 'विवर्तनिक सिद्धान्त' उल्लेखनीय हैं। इन्हें वैज्ञानिक स्तर पर वास्तविक सिद्धान्त का रूप नहीं दिया जा सकता क्योंकि 'वैज्ञानिक नियम' एकाकी तथ्यों से परे रहकर तथ्य समूह के अमूर्त रूप होते हैं जबकि इतिहास का सम्बन्ध अनेकी घटनाओं एवं पुनरावृत्ति-योग्य



रहित (non-repeatable) प्रक्रमों से होता है। वास्तव में सिद्धान्त की संरचना के विकास में तीन अवस्थाएँ होती हैं—आध्यात्मिक (theological), तात्त्विक (metaphysical) तथा व्यावहारवादी (positivist)। डेविस का अपरदन-चक्र द्वितीय अवस्था का प्रतीक है जबकि गिलबर्ट का सिद्धान्त अन्तिम अवस्था का प्रतीक है।

डेविस का 'अपरदन-चक्र' (भौगोलिक चक्र) भू-आकारिकी में सैद्धान्तिक प्रतिरूप (theoretical model) की रचना में प्रथम महान प्रयास है। इस सिद्धान्त का प्रमुख उद्देश्य प्रादेशिक क्षेत्रीय मापक पर भू-वैज्ञानिक समय-मापक के परिवेश में स्थलरूपों का जननिक वर्गीकरण एवं उनकी व्याख्या करना है। अपरदन चक्र सिद्धान्त के साथ ही ऐतिहासिक अनुक्रम की अवधारणा पर 'अनाच्छादन कालक्रम' का प्रतिपादन किया गया। यद्यपि प्रारम्भ में इन दोनों प्रतिरूपों (Models) का प्रतिपादन अलग-अलग हुआ परन्तु आगे चलकर दोनों प्रतिरूपों का आपस में विलय हो गया। अनाच्छादन कालक्रम ने अन्तर्गत पृथ्वी के इतिहास की क्रमिक अवधारणाओं की पुनर्रचना की जाती है। इस तरह की पुनर्रचना में अध्ययन का मुख्य लक्ष्य यद्यपि स्थलरूप ही था परन्तु वास्तविक अर्थ में यह भू-नाभिक अध्ययन का रूप ही रहा। डेविस ने सिद्धान्त पर यह दोषारोपण किया जाता है कि इनका सिद्धान्त मानविकी से प्राप्त विवरणों पर आधारित अग्रिम निष्कर्ष (initial conclusion) से प्रारम्भ होता है तथा तर्कों एवं सावधानी पूर्ण चुने हुए स्थूलतम क्षेत्र पर्यवेक्षण द्वारा इस अग्रिम निष्कर्ष को प्रमाणित करने का प्रयास किया गया है। इनका सिद्धान्त तथ्य के अभाव में तर्क-युक्त सम्भावना (logical likelihood) पर आधारित है।

पेक का विवर्तनिक सिद्धान्त सैद्धान्तिक स्तर पर अनाच्छादन कालक्रम सिद्धान्त के अनुरूप ही है परन्तु इसे कम व्यापक एवं मान्यता मिली क्योंकि दुर्लभ भाषा (जर्मन), राजनैतिक कारण एवं सशक्त तकनीकी मान्यताओं के अभाव ने इसे तिरोहित कर दिया। द्वितीय विश्वयुद्ध के पश्चात् ऐतिहासिक सिद्धान्त की व्यापकता एवं मान्यता में पर्याप्त ह्रास हुआ है। इसका प्रमुख कारण दीर्घ कालिक मापक (long temporal scale) रहा है। अर्थात् समय की अवधि इतनी लम्बी नहीं गयी

कि जो भी अनुमान-परक सिद्धान्त एवं परिकल्पनाएँ बनायी गयी वे न तो परीक्षण योग्य रही और न ही नियंत्रण में रही। परिणामस्वरूप अनुमान एवं अटकल-बाजी की मान्यता नहीं मिल सकी।

(iv) वर्गीकरणात्मक आधार—भू-आकारिकी में प्रादेशिक वर्गीकरणात्मक अध्ययन (regional taxonomic studies) का मुख्य आधार प्रस्तुत विषय का भूगोल में गहरा सम्बन्ध रहा है। 1890 से भू-आकारिकी में स्थलरूपों में सम्बन्धित शोध एवं अध्ययन के फलस्वरूप प्राप्त विवरण, सूचनाएँ एवं आँकड़े इतने अधिक हो गये कि वर्गीकरण अपरिहार्य हो गया। मानव भूगोल के समान ही भू-आकारिकी में भी द्वैतवाद (dualism/binality) का प्रचलन हुआ। यथा—ऐतिहासिक/चक्रीय, कार्य-कार्यात्मक/जलवायु-सम्बन्धी (climatic), परस्पर क्रियात्मक/पारिस्थितिक (interactive/ecological) आदि भ्वाकृतिक सिद्धान्तों के इन वर्गीकरणात्मक आधारों का बीजारोपण वर्तमान शदी के प्रारम्भ में दो भ्वाकृतिक विचारधाराओं पर हुआ—(i) जलवायु भू-आकारिकी तथा (ii) आकृतिक भू-आकारिकी (morphological geomorphology)। जलवायु के सर्वोपरि नियंत्रण की मान्यता के आधार पर स्लोब को आकारजनक प्रदेशों (morphogenetic regions) में विभाजन इस तरह के वर्गीकरणात्मक सिद्धान्त का प्रमुख विषय रहा है। ज्ञातव्य है कि प्रारम्भ में चक्रीय संकल्पना जलवायु भू-आकारिकी से भी जुड़ी थी परन्तु आगे चलकर इसे जलवायु भू-आकारिकी से मुक्त कर दिया गया।

(vi) कार्य-कार्यात्मक सिद्धान्त—द्वितीय विश्वयुद्धोपरान्त भू-आकारिकी में विधितन्त्रात्मक (methodological) परिवर्तन सामने आया सांख्यिकीय एवं गणितीय विधियों के व्यापक प्रयोग के फलस्वरूप 'नवीन भू-आकारिकी', 'वैज्ञानिक भू-आकारिकी' या 'परिमाणात्मक भू-आकारिकी' का अभ्युदय हुआ। इस तरह की विचारधारा का मुख्य उद्देश्य आकृतिक रूपों (morphological forms) का उन्हें नियंत्रित करने वाले प्रक्रमों से सम्बन्ध स्थापित करना है। प्रत्यक्षरूप में 'प्रक्रम' के स्थान पर 'कार्य' (function) का प्रयोग किया गया। ज्ञातव्य है कि भ्वाकृतिक सिद्धान्त के इस 'कार्य-कार्यात्मक आधार' का प्रयोग गिलबर्ट द्वारा भी किया गया था। वास्तव में भ्वाकृतिक सिद्धान्त के कार्यात्मक आधार की आवश्यकता ऐतिहासिक एवं वर्गीकरणात्मक सिद्धान्तों

की कमियों को दूर करने एवं लघु क्षेत्र में स्थलरूपों के अध्ययन एवं लघु समय में उनमें (स्थलरूपों) परिवर्तनों के अध्ययन के लिये हुई। गिलबर्ट के अलावा इस दिशा में सर्वप्रथम प्रयास हार्टन (1945) द्वारा किया गया जिन्होंने अपरदनात्मक आकार एवं मूल जलीय स्वातन्तरण (gross hydrological transfers) के बीच सम्बन्ध एवं अपरदनात्मक प्रक्रमों के विगद अध्ययन पर बल दिया, यद्यपि हार्टन अपने उद्देश्य में सफल नहीं हो पाये क्योंकि वे वृद्ध प्रदाह-जाल के विकास के 'जननिक मॉडल' का निर्माण नहीं कर पाये। स्ट्राह्लर ने इस कार्य को पूर्ण किया। 1950-60 दशक में 'कार्यात्मक विज्ञान' (classic function science) का अभ्युदय हुआ तथा मध्य स्तरीय (meso-scale) स्थलरूप अध्ययन के मुख्य केन्द्र बने। इस तरह आकार (forms) को प्रक्रम के कार्य-फल (function) के रूप में लिया गया तथा दोनों में सम्बन्धों के अध्ययन को सांख्यिकीय मह-सम्बन्ध तकनीक से सम्बद्धित किया गया।

ज्ञातव्य है कि प्रक्रमों का अध्ययन कम से कम उन मध्य एवं लघु स्तरीय (of medium to small spatial scale) आकृतिक रूपों (morphological forms) जिनमें अवैज्ञानिक स्वरित कालिक परिवर्तन होता है वे सम्बन्धित हो सकता है। परिणामस्वरूप समुक्त राज्य अमेरिका के म्यूजों प्रान्त में स्थित बर्ग अम्बाव की उल्कात् स्थलाकृति (badland topography) में प्राप्त उदाहरणों के आधार पर आकार एवं प्रक्रम के मध्य कार्यात्मक सम्बन्ध (functional relationships) स्थापित किये गये। परन्तु पूर्ववर्तिन कार्य-कार्यात्मक सह-सम्बन्ध की पुष्टि के लिये जितने त्वरित परिवर्तन की आवश्यकता हो सकती है उतना प्रमाण स्पष्ट रूप में नहीं आ पाया। इस तरह कार्य-कार्यात्मक सिद्धान्त सांख्यिकीय तकनीकों की सक्षमता पर ही आधारित हो सका। इस सिद्धान्त के मामले सबसे बड़ी समस्या वर्तमान स्थलरूपों का वर्तमान कार्यरत प्रक्रमों से सम्बन्ध स्थापित करने की है। ज्ञातव्य है कि अधिनाग स्थलरूप अवशिष्ट (relict) हैं तथा समस्त स्थलरूप समूह 'पुनर्लिखित हस्तलिपि' (palimpsest) के समान हैं। पुनर्रच, स्थलरूपों में नियमितता (regularity) का तात्पर्य यह नहीं होता कि प्रक्रमों में भी नियमितता हो। अतः प्रक्रम एवं आकार में वास्तविक सम्बन्ध तभी

स्थापित किया जा सकता है जबकि उनमें परिवर्तन की दर का सही ज्ञान हो। इसके लिए प्रक्रमों के कार्य-दर का मापन होना आवश्यक है। इस तरह के क्रमित विवरण (ordered information) के अभाव में कार्य-कार्यात्मक सिद्धान्त अपूर्ण रह गया है।

(vi) यथार्थवादी सिद्धान्त—यथार्थवादी सिद्धान्त वास्तव में कार्य-कार्यात्मक सिद्धान्त का ही अप्रसारित एवं परिमाणित रूप है। कार्य-कार्यात्मक सिद्धान्त में लघु स्तरीय मापक पर प्रक्रमों की क्रियाविधि एवं पूर्वानुमान (prediction) पर सर्वाधिक जोर दिया जाता है जबकि यथार्थवादी सिद्धान्त की मान्यता है कि पूर्ववर्तिन नियमितता (observed regularities) के आधार पर प्रक्रमों की क्रियाविधि एवं उसके परिणामों के पूर्वानुमान तक की ही व्याख्या अपेक्षित नहीं है अपितु दृश्य स्थलरूपों के बाह्य आकार के अध्ययन के साथ उन सामग्रियों (structure) का भी अध्ययन होना चाहिए जिन पर इस स्थलरूपों का निर्माण हुआ है। अतः प्रक्रमों की विगद कारणात्मक क्रियाविधि (detailed causal mechanism) तथा बाह्य दृश्य स्थलरूपों में मूलम संरचना का अध्ययन तथा दोनों के पारस्परिक सम्बन्धों का भी अध्ययन यथार्थवादी सिद्धान्त की आधारगिना है। इस तरह सूक्ष्म स्तरीय मापक पर स्थलरूपों के दृश्य बाह्य आकारों के नीचे स्थित संरचना के भौतिक एवं रासायनिक क्रियाविधि (physical and chemical mechanisms) का अध्ययन होना चाहिए क्योंकि इन्हीं के द्वारा स्थलरूपों का निर्माण एवं उनमें परिवर्तन होता है। परिणामस्वरूप यथार्थवादी सिद्धान्त का प्रारम्भ 1960 के बाद से प्रारम्भ होता है तथा भू-आकारिकी के विधितंत्र (methodology) में अन्तर आता है। मध्य स्तरीय स्थलरूपों (mesoscale landforms) के स्थान पर सूक्ष्मस्तरीय प्रक्रमों (microscale processes) का अध्ययन प्रारम्भ होता है। यद्यपि यथार्थवादी सिद्धान्त खामकर 'प्रक्रम यथार्थवाद' (process realism) का बीजारोपण गिलबर्ट (1909, 1914), सण्डबर्ग (A. Sundberg, 1956) हार्टन (1945) शुम (Schumm, 1956) आदि के कार्यों के रूप में ही हो गया था परन्तु इसका पूर्णरूपेण प्रतिपादन शेडगर (A. E. Schiedegger, 1961) द्वारा 1961 में किया गया तथा द्युरी (G. H. Dury, 1972) ने इसका सम्बर्द्धन किया। इस तरह 1960-70 में भू-आकारिकी में

‘यथार्थता’ की ओर झुकाव रहा। ज्ञातव्य है कि इस ‘यथार्थता’ ने यथार्थवादी सिद्धान्त के समर्थकों को इस हद तक प्रेरित किया कि उनका अध्ययन अत्यन्त सूक्ष्म-स्तरीय मापक पर रासायनिक एवं भौतिक अपभ्रंश के प्रक्रमों की क्रियाविधि पर केन्द्रित हो गया जहाँ पर दो समस्याएँ सामने आती हैं—(i) अत्यन्त सूक्ष्म स्तरीय मापक पर प्रक्रमों की क्रियाविधि इतनी जटिल होती है कि उसका अध्ययन कोई मध्यम जीव-रासायनविद् (biochemist) भी नहीं कर सकता है। यहाँ पर भू-आकृति वैज्ञानिक सफल नहीं हो सकता। (ii) अत्यन्त सूक्ष्मस्तरीय मापक पर प्रक्रमों की क्रियाविधि के अध्ययन के परिणामों को मध्यस्तरीय मापक पर प्रक्रमों की क्रियाविधि के साधारणीकरण (generalisation) के लिए प्रयुक्त नहीं किया जा सकता।

(vii) परम्परावादी सिद्धान्त (Conventionalist Theory)—परम्परावादी सिद्धान्त वास्तव में विभिन्न सिद्धान्तों का मिश्रित रूप या जो कहे ‘विचरी’ है। इस विचारधारा की बौद्धिक आधारगिना यह है कि ‘पर्यवेक्षण (observation) एवं सिद्धान्त में कोई न्यायोचित एवं उपयोगी अन्तर स्थापित नहीं किया जा सकता है क्योंकि पर्यवेक्षण के आधार पर ही सिद्धान्त का प्रतिपादन किया जाता है।’ अर्थात् सिद्धान्त के प्रतिपादन के पहले पर्यवेक्षण आवश्यक होता है। हमारे ज्ञानों में न पर्यवेक्षण के बिना सिद्धान्त बनाया जा सकता है और न ही बिना सिद्धान्त के बाह्य वास्तविकता (पर्यवेक्षण से प्राप्त) को सही ढंग में आँवा एवं व्यक्त किया जा सकता है। संक्षेप में कहा जा सकता है कि मानव-द्वितीयमुख सधुस्तरीय मापक पर स्थलरूपों एवं प्रक्रमों का अध्ययन (यथार्थवादी भू-आकारिकी—realist geomorphology का मुख्य आधार) तथा उसमें उपयोगितावादी निरूपण (utilitarian consideration) का पुट ही परम्परावादी सिद्धान्त का मुख्य आधार है। स्पष्ट है ‘भ्याकृतिक चर्चीय सिद्धान्त’ के सपान ही ‘भ्याकृतिक सिद्धान्तों के चक्र’ का भी एक दौरे पूर्ण हुआ लगता है। लगता है सिद्धान्तों के प्रतिपादन के प्रारम्भिक चरण में प्रतिपादित उद्देश्यमूलक / प्रयोजन परक (teleological) सिद्धान्त का समय पुनः आ गया है।

#### (.) गिल्बर्ट का भ्याकृतिक सिद्धान्त

ग्रोव वॉल गिल्बर्ट ने किसी भी सुनिश्चित भ्या-

कृतिक सिद्धान्त का प्रतिपादन नहीं किया है। वास्तव में गिल्बर्ट ने अपने को सिद्धान्तकार (theorist) के बजाय ‘अन्वेषक’ (investigator) के रूप में लिया। उनकी मान्यता थी कि सिद्धान्तकार अपनी परिकल्पनाओं का परीक्षण नहीं कर पाते हैं जबकि अन्वेषक सदैव नये तथ्यों की खोज करता है जिस आधार पर ‘परीक्षात्मक सिद्धान्त’ (tentative theory) प्रमाणित नहीं हो पाते हैं। यही कारण है कि गिल्बर्ट ने संयुक्त राज्य अमेरिका के विभिन्न क्षेत्रों (ग्रेट बेसिन, मोनविली झील, उच्च मैदान के उत्त्थरूप artesian wells, अलास्का, बेसिन रेंज, हैनरी पर्वत, कैलिफोर्निया, मियरो पर्वत आदि) में स्थलरूपों तथा प्रक्रमों का अध्ययन किया परन्तु उनसे सम्बन्धित किसी सामान्य सिद्धान्त का प्रतिपादन नहीं किया। इन्होंने जलीय प्रक्रम की क्रियाविधि एवं उनसे उत्पन्न स्थलरूपों के अध्ययन के आधार पर कुछ ‘नियमों’ (laws) का प्रतिपादन अवश्य किया। उदाहरणार्थ—‘समांग ढाल का नियम’ (law of uniform slope), ‘संरचना का नियम’ (law of structure), ‘जलविभाजनको का नियम’ (law of divides) जिसे आगे चलकर बढ्तीमान ऊर्ध्वगमिता का नियम’ (law of increasing acclivity) का नाम दिया, ‘कार्य की समता की प्रवृत्ति’ (tendency to equality of action) या ‘गतिक सतुलन’ (dynamic equilibrium), ‘अंगों के परस्परवलम्बन का नियम’ (law of the interdependence of parts) आदि।

गिल्बर्ट ने स्थलरूपों एवं प्रक्रमों के विश्लेषण में वैज्ञानिक पद्धति का प्रयोग किया जिसके अन्तर्गत ‘गुण’ (quality) के स्थान पर ‘मात्रा’ (quantity) पर जोर दिया जाता है। इन्होंने भू-वैज्ञानिक प्रक्रमों (geological processes) के विश्लेषण में ‘ऊष्मागतिकी’ (thermodynamics) प्रतिरूप (model) का प्रयोग किया। (ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम के अनुसार ऊर्जा की कुल मात्रा स्थिर रहती है जबकि द्वितीय नियम के अनुसार समय के साथ तब (system) सर्वाधिक ‘उत्क्रम-माप’ (maximum entropy) की दशा की प्राप्त हो जाता है अर्थात् तब में न्यूनतम ऊर्जा तथा अधिकतम अव्यवस्था (maximum disorder = maximum entropy) होती है।

गिल्बर्ट ने प्रकृति (nature) को वर्तमान काल (present tense) में लिया। अर्थात् उनका झुकाव

विगत घटनाओं के बजाय वर्तमान दशा की ओर या। गिनवर्ट की प्रकृति सम्बन्धी विचारधारा प्रकृतिक दर्शन-शास्त्र (natural philosophy) के अध्ययन से प्राप्त दो संकल्पनाओं पर आधारित है—(i) साम्यावस्था की संकल्पना (concept of equilibrium) तथा (ii) लयानुगत/लयारमक समय की संकल्पना (concept of rhythmic time)।

साम्यावस्था के अन्तर्गत गिनवर्ट ने प्रतिपादित किया कि किसी भी आकृति के अन्तिम रूप पर विवाशील बल का कुल योग शून्य होता है (the sum of the forces acting on the final form equalled zero)। इन्होंने इस संकल्पना का प्रयोग लैंकोलिय के निर्माण की प्रक्रिया के विश्लेषण के दौरान किया। लैंकोलिय के निर्माण के समय आरोही मैग्मा (rising magma) का चालन बल (driving force) तब तक चलता रहता है जब तक कि वह (चालन बल) समान परिमाण वाले प्रतिरोधी (resisting) बल द्वारा प्रतिबाधित (countered) नहीं हो जाता। अर्थात् जब तक प्रतिरोधी बल में चालन बल अधिक रहता है तब तक मैग्मा ऊपर उठता रहता है और लैंकोलिय में विस्तार होता जाता है परन्तु जब प्रतिरोधी बल चालन बल के बराबर हो जाता है तो साम्यावस्था की स्थिति आ जाती है और लैंकोलिय का विस्तार स्थिर हो जाता है। इस तरह न्यूनतम बल का सिद्धान्त/नियम कार्य करते लगता है (अर्थात् बन का सकल योग शून्य हो जाता है)। गिनवर्ट ने इसी नियम का प्रयोग नदी के कार्य के सन्दर्भ में भी किया है। नदी का जल-प्रवाह नीचे की ओर (down stream) गुरुत्व द्वारा होता है। इस तरह नदी तल की ऊर्जा प्रवाह-वेग के रूप में होती है। इस प्रवाह-वेग से जलमार्ग की रण्ड से उत्पन्न प्रतिरोध (resistance) से व्यवधान होता है। जब तल की ऊर्जा (प्रवाह-वेग) एवं रण्ड-अनित प्रतिरोध बराबर होते हैं तो साम्यावस्था की स्थिति आ जाती है और न्यूनतम बल (least force) का नियम कार्य करता है। इस तरह की स्थिति को प्राप्त नदी की परिच्छेदिका को गिनवर्ट ने 'साम्यावस्था की परिच्छेदिका' कहा है (कार्यों की साम्यावस्था—equilibrium of actions—चालन बल (नदी के सन्दर्भ में गुरुत्व द्वारा प्राप्त प्रवाह वेग) एवं प्रतिरोधी बल के बीच साम्यावस्था) एवं इस अवस्था को प्राप्त नदी को 'प्रवणित नदी/क्रमबद्ध नदी (graded river) बताया है। गिनवर्ट ने इस साम्यावस्था के नियम एवं 'प्रवणित' की संकल्पना का

प्रयोग उन सभी स्थलरूपों एवं प्रक्रमों के लिये किया जिसका उन्होंने अध्ययन एवं विश्लेषण किया है। यथा—बोनविली डीम के सन्दर्भ में 'प्रवणित पुनिन' (graded-beach), सियरा पर्वत के सन्दर्भ में 'प्रवणित पहाड़ी-ढाल' (graded hillslope)। गिनवर्ट ने स्थलरूपों के निर्माण की दो प्रतिद्वन्द्वी प्रवृत्तियों (competing tendencies) का प्रतिफल बताया है—(i) विविधता के निर्माण की प्रवृत्ति तथा (ii) एकरूपता/समरूपता की प्रवृत्ति।

'ममय' के सन्दर्भ में भी गिनवर्ट की अवधारणा भू-वैज्ञानिकों से सर्वथा भिन्न है। उन्होंने बताया कि 'भू-गर्भिक समय' (geologic time) लयबद्ध/लयारमक (rhythmic) होता है। कोई भी घटना (event) लयों (rhythms) की नाडीमाल (plexus) का प्रतिनिधित्व करती है (any event represents a plexus of particular rhythms)। पृथ्वी की गति आधारभूत लय होती है (motion of the earth is the basic rhythm)। इस लय (पृथ्वी की गति) से जलवायु प्रभावित होती है और जलवायु भू-गर्भिक प्रक्रमों को प्रभावित करती है। गिनवर्ट ने इस अवधारणा एवं विकास (evolution) या 'एन्ट्रॉपी-माप' (entropy) सद्गुण प्रवासी प्रक्रिया (progressive process) में प्राप्त अवधारणा में अन्तर स्थापित किया। 'विकास अवधारणा' के समर्थक भौतिकशास्त्री (physicists) एवं भू-गर्भविद् (geologists) के 'सतत विनाश' एवं 'सतत विकास' (continual decay or growth) की संकल्पना की भावोच्चता की क्योंकि इन दोनों को विघ्नात या निमग्न के साथ क्रमिक अवस्थाओं में या तो गिनाया जाता है या विकास। इस तरह भू-वैज्ञानिकों की अवधारणा (conception) 'समय-निर्भर' (time dependent) संकल्पना पर आधारित होती है जबकि गिनवर्ट 'समय-रहित' (timeless) या 'समय-स्वतन्त्र' (time-independent) अवधारणा के पक्ष में है। गिनवर्ट ने प्रकृति को सम्पूर्ण (स्मृतिगत घटनाओं का आरम्भ—reminiscence, अर्थात् विगत घटनाओं का निमग्नितार विवरण) के रूप में न केवल 'अनन्त वर्तमान' (continual present) के रूप में स्वीकार किया।

इस तरह गिनवर्ट ने 'साम्यावस्था' (equilibrium) 'प्रवृत्ति की वर्तमान स्थिति' तथा 'ममय' रहित' आदि अवधारणाओं पर 'गतित साम्यावस्था' (dynamic equilibrium) की संकल्पना का प्रतिपादन किया। इनके अनुसार व्यवस्था नित्य साम्यावस्था की स्थिति में होती है।

अर्थात् समान के परिवेप में उनमें विनाश या विकास नहीं होता है। गिनवटों के भूवाह्यतिक सिद्धान्त को यों व्यक्त किया जा सकता है—“स्थलरूप साम्बावस्था की स्थिति में होने हैं, उनका इतिहास लगातमक होता है तथा इनका आकार तरणित होता है (वन एव प्रतिरोध की क्रिया में रण्ड जनित होता है, इस रण्ड से लय का मृजन होता है और इस लय से धरातलीय स्थनरूप तरणित होता है)। इस तरह के बल (frictional rhythms) अर्थात् प्रक्रमों की गिनाह्त/पह्निचान, उनका परिमाणन (quantification) एव उनकी गतिक प्रतिस्पर्धा (dynamic competition) का निर्धारण ही भूवाह्यतिक समस्या है।”

(2) डेविस का भूवाह्यतिक सिद्धान्त / मॉडल

वितिदम मोरिंग डेविस ने स्थनरूपों के विनाश में सम्बन्धित सर्वप्रथम वास्तविक सामान्य सिद्धान्त (general theory) का प्रतिपादन किया। वास्तव में इनका भूवाह्यतिक सिद्धान्त कई सिद्धान्तों का एक समूह है। इनमें तीन प्रमुख हैं—(i) ‘सरिता-जीवन का पूर्ण चक्र’ (complete cycle of river cycle, जिसका प्रतिपादन 1889 में किया गया—The Rivers and Valleys of Pennsylvania), (ii) ‘भौगोलिक चक्र’, (geographical cycle जिसका प्रतिपादन 1899 में किया गया) तथा (iii) ‘ढाल का विकास’। प्रथम (सरिता-जीवन का पूर्ण चक्र) के अन्तर्गत अपरदनारमक नदी-घाटी के प्रणामी / क्रमिक विकास (progressive development of erosional stream valleys) की चक्रीय सवत्पना का प्रतिपादन किया गया है जबकि दूसरे (भौगोलिक चक्र) के द्वारा समय स्थनरूप के विकास की व्याख्या की गई है। इससे अन्तर्गत आर्द्र गीतोष्ण प्रदेशों में अपरदन के लिए समान प्रतिरोध (uniform resistance) एव अपेक्षाकृत स्वरित दर से उत्थित भू-भाग के बहते जल एव मामूहिक विनाश (mass wasting) द्वारा प्रणामी / क्रमिक विनाश की व्याख्या प्रस्तुत की गयी है। आगे चलकर इस चक्रीय सकल्पना का प्रयोग अन्य जलवायु प्रदेशों में स्थलाकृतियों के विकास के लिए भी लिया गया। यथा—शुष्क अपरदन चक्र (डेविस, 1903 1905 तथा 1930), हिमानी अपरदन-चक्र (डेविस, 1900, 1906), सागरीय अपरदन-चक्र (डेविस, 1912, जानमन, 1919), वास्टे चक्र (बोदी Beede, 1911, स्वीजिक Cvijic, 1918), परिहिमानी अपरदन चक्र (वेल्डियर, 1950) आदि। पुनः डेविस के समर्थकों ने डेविस के ‘भौगोलिक चक्र’ को अन्य रूपों में

व्यक्त किया। यथा—‘सामान्य चक्र’ (Normal cycle), ‘अपरदन चक्र’ (Erosion cycle), ‘भूवाह्यतिक चक्र’ (Geomorphic cycle) तथा ‘आर्द्र चक्र’ (Humid cycle)। डेविस द्वारा स्थलरूपों के नियंत्रक तीन कारकों (सरचना, प्रक्रम एव समय) में ‘समय’ (time) के स्थान पर ‘अवस्था’ (stage) का प्रयोग किया गया।

डेविस के सिद्धान्त या मॉडल को ‘भौगोलिक चक्र’ के रूप में लिया जाता है जो कि स्वायत्तगत नहीं है। यदि उनके तीन सिद्धान्तों ‘सरिता-जीवन का पूर्ण चक्र’, ‘भौगोलिक चक्र’ एवं ‘ढाल विकास’ को एक साथ मिलाकर देखा जाय तो स्पष्ट होता है कि डेविस का सामान्य सिद्धान्त (जो समग्र स्थलाकृतियों के विकास से सम्बन्धित है) ‘भौगोलिक चक्र’ नहीं है। उनके सामान्य सिद्धान्त को निम्न रूप में व्यक्त किया जा सकता—

‘स्थलरूपों में समय के साथ क्रमिक परिवर्तन (क्रमिक अवस्थाओं में) होता है तथा यह परिवर्तन एक सुनिश्चित दिशा में सुनिश्चित लक्ष्य (आकृति विहीन समग्राय मैदान) की ओर उन्मुख होता है।

सिद्धान्त का उद्देश्य

डेविस ने अपने सिद्धान्त का प्रतिपादन स्थलरूपों के व्यवस्थित वर्णन एव जननिक वर्गीकरण के लिए किया था।

सिद्धान्त का संदर्भ तंत्र (Reference system)

डेविस के सिद्धान्त का मुख्य आधार यह है कि ‘स्थलरूप समय के परिवेप में विकसित होते हैं’ (landforms evolve through time)। अर्थात् समय के साथ जल-जंगे प्रक्रम कार्य करते हैं, स्थलरूपों में एक क्रमानुगत / क्रमबद्ध (orderly) रूप में परिवर्तन इस तरह होता जाता है कि समान वाह्य पर्यावरण दशाओं में स्थलरूपों का एक व्यवस्थित क्रम (orderly sequence) विकसित होता है।

‘The reference system is that the land forms change in an orderly manner as processes operate through time such that under uniform external environmental conditions an orderly sequence of landforms develop.’—

Robert C. Palmaquist.

इस तरह डेविस का सिद्धान्त ‘विकासीय तंत्र’ (evolutionary system) का प्रतिरूप है। स्थलरूपों के समय के परिवेप में होने वाले क्रमिक परिवर्तनों की व्याख्या के लिए डेविस ने ‘भौगोलिक चक्र’ के मॉडल

का प्रयोग किया। यही कारण है कि अधिकांश लोगों ने 'भौगोलिक चक्र' को ही डेविस का सिद्धान्त माना। सत्य तो यह है कि स्थलरूपों की क्रमिक विकासमय प्रावस्थाओं (orderly developmental phases) की व्याख्या के लिए सम्भावित प्रतिरूपों में से 'भौगोलिक चक्र' एक प्रतिरूप (model) है। यद्यपि यह सही है कि डेविस के भूव्याप्तिक सिद्धान्त की व्याख्या के लिए आदर्श शीतोष्ण जलवायु में स्थलरूपों के विकास से सम्बन्धित 'सामान्य भौगोलिक चक्र' का ही सहारा लिया जाता है। डेविम ने 'सामान्य भौगोलिक चक्र' की दो दशाओं का उल्लेख किया है। प्रथम—त्वरित उत्थान (अल्प काल) तथा उसके बाद दीर्घकाल तक धनतलीय स्थिरता। द्वितीय—दीर्घकालिक मन्द उत्थान। प्रथम दशा में तरुणावस्था का समय सम्भा होता है जबकि द्वितीय दशा में तरुणावस्था का समय कम होता है परन्तु प्रौढावस्था अपेक्षाकृत दीर्घकालिक होती है।

#### सिद्धान्त की मान्यताएँ (Premises of the Theory)

डेविस का सिद्धान्त 6 मान्यताओं पर आधारित है।  
(i) स्थलरूप आन्तरिक एवं बाह्य कारकों की पारस्परिक क्रिया का विकसित प्रतिफल होता है (landforms are the evolved product of the interactions of internal and external agencies)।  
(ii) स्थलरूपों का विकास इस तरह क्रमिक (orderly) रूप में होता है कि पर्यावरण दशाओं में परिवर्तन के अनुरूप धरातलीय रूपों का व्यवस्थित क्रम (systematic sequence) उत्पन्न होता है। ये दोनों मान्यताएँ 'चक्रीय सन्दर्भ तंत्र' (cyclic reference system) से सम्बन्धित हैं।  
(iii) नदियाँ तब तक निम्नवर्ती अपरदन करती हैं जब तक प्रवणित / क्रमबद्ध दशा स्थापित न हो जाय। इस स्थिति की प्राप्ति के बाद नदियों द्वारा पार्श्विक अपरदन (lateral erosion) महत्त्वपूर्ण हो जाता है।  
(iv) पहाड़ी-ढाल की क्रमबद्धता (grading) आधार से प्रारम्भ होकर ऊपर की ओर उन्मुख / अग्रसर होती है तथा पहाड़ी-ढाल की प्रवणता (gradient) मृदा-गठन (soil texture) से नियंत्रित होती है।  
(v) जलवायु में परिवर्तन नहीं होते हैं। उपर्युक्त तीन मान्यताएँ डेविस के भौगोलिक चक्र के 'सामान्य प्रतिरूप' (general model) से सम्बन्धित हैं।  
(vi) अन्तिम मान्यता उत्थान की दर एवं अवधि से सम्बन्धित है जो अलग-अलग मॉडल में अलग होती है। सामान्य

मॉडल में उत्थान अल्पकाल में त्वरित गति से होता है तथा उत्थान के बाद दीर्घकाल तक स्थिर दशा होती है। अन्य मॉडल के लिये उत्थान की दर मन्द, परन्तु दीर्घकालिक होती है।

इस तरह डेविस का मॉडल समय-नियन्त्रित अथवा समय-निर्भर (time-controlled or time-dependent) है जिसके अन्तर्गत जैसे-जैसे समय बढ़ता जाता है, स्थलरूपों में क्रमिक परिवर्तन होता जाता है। स्थलरूपों की विकास की पूर्ण अवधि को सामान्यीकरण के लिए डेविस ने तीन प्रमुख अवस्थाओं—तरुण, प्रौढ तथा जीर्ण / अन्तिम—में विभक्त किया है। तरुणावस्था में अधिकतम निरपेक्ष उच्चावचन (absolute relief) एवं अधिकतम उच्चावचच (relief) होता है क्योंकि नदी-घाटी का अग्र-कर्तन/निम्नवर्ती अपरदन अधिक होता है जबकि जल-विभाजक/अन्तरसरिता क्षेत्र (interfluvial/interstream areas) शीर्ष अपरदन से प्रभावित नहीं होता है। अन्तिम तरुणावस्था के बाद निरपेक्ष ऊँचाई एवं उच्चावच दोनों में क्रमिक/प्रगामी अवनयन (progressive lowering) होता जाता है तथा अन्तिम/जीर्ण अवस्था में निरपेक्ष ऊँचाई एवं उच्चावच न्यूनतम होते हैं। पूर्ण गतिक मान्यावस्था की दशा चक्र के केवल अन्त में ही सम्भव हो पाती है। (डेविस के भौगोलिक चक्र की व्याख्या अध्याय 14, 'अपरदन-चक्र की सकल्पना एवं गतिक सतुलन सिद्धान्त' में की गई है)।

यद्यपि डेविम ने अपने मॉडल/सिद्धान्त में 'संरचना, प्रक्रम तथा समय' (structure, process and time) तीनों कारकों (trio of Davis) का उल्लेख किया है परन्तु इन्होंने सर्वाधिक बल 'समय' पर दिया है। प्रक्रमों का उल्लेख आनुभविक स्तर (empirical level) से ऊपर नहीं उठ पाया है। इन्होंने संरचना के नियंत्रण की बात तो की है परन्तु 'स्थलरूपों का शैलीय समा-योजन' (lithological adjustment of landforms) के मॉडल का निर्माण नहीं किया है। डेविम के लेखों के अध्ययन से स्पष्ट होता है कि उनसे वर्णनों एवं व्याख्याओं में स्थलरूपों के संरचना एवं शैलीय समा-योजन की झलक अवश्य मिलती है।

#### सिद्धान्त का प्रभावी पक्ष (Positive Side)

डेविस के स्थलरूपों के विकास के सामान्य सिद्धान्त को विश्व स्तर पर व्यापक समर्थन एवं व्याप्ति मिली। प्रतिपादन काल (1889 तथा 1899) से लेकर 1950 ई० तक इस सिद्धान्त का नशा छाया रहा। यद्यपि

वर्तमान समय में इस सिद्धान्त के आलोचकों की संख्या इतनी अधिक हो गयी है कि समर्पक अल्पसंख्यक हो गये हैं तथापि आलोचक भी अपने विवरणों में डेविस के उद्धरण को व्यक्त किये बिना नहीं रह पाते। इस सन्दर्भ में जडसन का कथन उल्लेखनीय है क्योंकि उन्होंने 1975 में भी डेविस को महान् माना है।

'His grasp of time, space and change; his command of detail; and his ability to order his information and frame his argument remind us again that we are in the presence of a giant'.—Seldon Judson, (1975, p. 30)<sup>1</sup>

हिगिन्स की भी मान्यता है कि डेविस के दोषपूर्ण सिद्धान्त को यदि एक सन्धे समय तक भू-आकृतिक समाज में इतनी अधिक मान्यता एवं श्रद्धा मिली तो उनके सशक्त कारण अवश्य होने चाहिए।

'Davis' system came to dominate both teaching and research in the descriptive and genetic—historical aspects of geomorphology. Its continued viability is attested in part by continuing objections to it by recent critics, such as R. C. Flemal (1971) and C R Twidale (1975) That such an obviously flawed doctrine could have enjoyed such prolonged popularity among large segment of the geomorphic community suggests that there must be compelling reasons for its appeal.'—Charles G. Higgins (1975, p. 7).

डेविस के मॉडल के निम्न गुणों एवं विशेषताओं ने इसे सर्वाधिक श्रद्धा एवं मान्यता दिलायी।

(i) डेविस का मॉडल/सिद्धान्त अत्यन्त सरल तथा व्यवहार्य (applicable) है। डेविस ने अपने मॉडल की रचना इतने सरल रूप में की है कि वह आसानी से ग्रह्य है। यथा—भौगोलिक चक्र के अन्तर्गत स्थलचन्द्र में मापदस्तेल के सन्दर्भ में उत्पन्न होता है। आर्द्र जनवायु के कारण सततवाहिनी सरिताओं का आविर्भाव होता है। सरचना समान (homogeneous) होती है। स्थिति दर में अल्पकाल में उद्घात होता है तथा उसकी समाप्ति पर दीर्घकाल तक स्थलचन्द्र में स्थिरता

रहती है। जनवायु तथा सरिता-प्रवृत्ति (river regime) में परिवर्तन नहीं होता है। इस धरातलीय स्थिरता (crustal stability) की दीर्घ अवधि के दौरान सरिता द्वारा स्थलचन्द्र में क्रमिक अवस्थाओं (तरुण, प्रौढ़ तथा जीर्ण) में अवतथन होता जाता है। ज्ञातव्य है कि इस आदर्श स्थिति वाले मॉडल में यदि कुछ स्वाभाविक जटिलता भी आ जाती है (यथा—यदि शैल सरचना समाग न होकर जटिल हो, या उत्पान या जनवायु-परिवर्तन में पुनरावृत्ति हो) तो डेविस के मौलिक मॉडल में कतिपय सामान्य समायोजन करके सरिता-अपरदित स्थलरूपों के विकास की सुधार रूप से व्याख्या की जा सकती है। इस तरह स्थलरूपों में विविधता के अभाव में यह मॉडल ग्राह्य हो जाता है। अपरदनात्मक स्थलाकृति के घर्षण की मात्रा को इंगित करने के लिये डेविस के इस मॉडल में सुस्पष्ट एवं उपयोगी नामावली (तरुण, प्रौढ़ तथा जीर्ण) सुगम हो जाती है जो विद्यार्थियों को अत्यधिक रुचिकर होती है।

(ii) डेविस ने अपने मॉडल की मुख्यतः/सौजन्य एवं सशक्त शैली में प्रस्तुत किया जिसने लोगों का ध्यान शीघ्र आकर्षित कर लिया। शायद का कहना है कि डेविस की निर्मल एवं सुस्पष्ट भाषा के नशे से लोग अभिभूत हो गये।

'Davis' rhetorical style is justly admired and several generations of readers became 'slightly bemused by long though mild intoxication on the limpid prose of Davis' remarkable essays'—Quoted by C. G. Higgins.

(iii) डेविस ने अपने मॉडल की व्याख्या के दौरान जो निष्कर्ष प्रस्तुत किये उनकी पुष्टि समुचित उदाहरणों से की है। उन्होंने व्यापक स्तर पर क्षेत्र-पर्यवेक्षण किया है। ज्ञातव्य है कि डेविस के कार्यों में जो त्रुटियाँ बतायी जाती हैं वे डेविस द्वारा स्थलरूपों के क्षेत्र में गलत पर्यवेक्षण के कारण न होकर पर्यवेक्षण के दौरान दृश्य आकृतियों की गलत एवं घामक व्याख्या के कारण हैं।

(iv) डेविस के सिद्धान्त ने तात्कालिक भू-विज्ञान में प्रचलित विचारधारा को भरपूर समर्थन प्रदान किया ज्ञातव्य है कि भू-वैज्ञानिक जेम्स हटन ने भू-विज्ञान में 'एकरूपतावाद' की संकल्पना का प्रतिपादन किया था।

1. 'Theories of Land form Development' edited by W. N. Melhorn and R. C. Flemal 1975 (1980), George Allen and Unwin (Publisher), London.

हटन के बाद स्थलरूपों के विकास से सम्बन्धित सामान्य सिद्धान्त का प्रतिपादन या सम्बर्द्धन नहीं हो पाया था। इस तरह डेविस के सिद्धान्त ने इस अन्तराल की पूर्ति की। भू-वैज्ञानिकों ने डेविस के इस सिद्धान्त का महर्ष स्वागत किया। इस तरह डेविस का सिद्धान्त उस समय ही प्रचलित भू-वैज्ञानिक विचारधारा के अनुरूप था। डेविस ने एकसूत्रवाद एवं जलीय सिद्धान्त से सम्बन्धित अलग-अलग रूप से प्रतिपादित नियमों (यथा—आधार-तल की संकल्पना, नदी-घाटियों का जननिक वर्गीकरण, प्रवणित/क्रमबद्ध परिकेन्द्रिका तथा क्रमबद्ध सरिता आदि) को एक माला में पिरोकर एक सामान्य सिद्धान्त के रूप में प्रस्तुत किया।

(v) डेविस के सिद्धान्त में स्थलरूपों के विकास से सम्बन्धित भावी कथन (prediction) तथा पिछली घटनाओं की पुनर्रचना, दोनों की सामर्थ्य है। डेविस के बॉइल के अनुसार स्थलरूपों के समानुपात विकास की प्रावस्थाओं के आधार पर प्रत्येक अगनी अवस्था में स्थलरूपों की स्थिति एवं प्रारूप की भविष्यवाणी की जा सकती है। इसी तरह समय विशेष को प्राप्त अवस्था में विकसित स्थलरूपों की विशेषताओं के अध्ययन के आधार पर स्थलरूपों के विकास की विगत अवस्थाओं एवं ऐतिहासिक अनुक्रम की पुनर्रचना की जा सकती है। इस प्रकार डेविस ने सिद्धान्त ने भू-वैज्ञानिकों द्वारा विगत भ्वाकृतिक अवस्थाओं एवं भू-वैज्ञानिक घटनाओं के अध्ययन की प्रवृत्ति में सहयोग प्रदान किया। यही कारण है कि भूगोल के अलावा भू-विज्ञान में डेविस के सिद्धान्त को शीघ्र ही व्यापक मान्यता मिल गयी।

इन विशेषताओं एवं गुणों के अलावा डेविस के सिद्धान्त को शैक्षिक एवं बौद्धिक महत्ता भी प्रदान की जाती है। डेविस के सिद्धान्त को युक्तियुक्त (rational) बताया गया है। क्योंकि उन्नीसवीं शदी के उत्तरार्द्ध एवं प्रारम्भिक बीसवीं शदी में प्रचलित मान्यता, 'प्राकृतिक नियम साधारण/सरल एवं युक्तियुक्त होते हैं' को इस सिद्धान्त द्वारा समर्थन मिलता है। इस सिद्धान्त का 'विकासीय संकल्पना' का आधार उस समय प्रचलित 'जीवीय विकास की संकल्पना' के अनुरूप था। इस प्रकार डेविस के सिद्धान्त द्वारा जीवविज्ञान की विकास की संकल्पना को भी समर्थन प्राप्त हुआ। इसी तरह शैक्षिक विज्ञान में प्रचलित त्वरित पटलविरूपण (rapid diastrophism) तथा उसके बाद दीर्घकाल तक भू-पट-

लीय स्थिरता (crustal stability) अर्थात् पर्वतीकरण (त्वरित उत्थान) एवं असमन्वित्वात् (भू-पटलीय स्थिरता के समय) की संकल्पना का भी डेविस द्वारा प्रतिपादित उत्थान एवं दीर्घकालिक स्थिरता (भौगोलिक चक्र के प्रारम्भ की स्थिति) की संकल्पना द्वारा अनुमोदन हो गया।

डेविस के सिद्धान्त के 'चक्रीय आधार' ने उसे इतना सफल बना दिया था कि डेविस के समय चक्रीय आधार से रहित स्थलरूपों के विकास से सम्बन्धित किसी भी सिद्धान्त को मान्यता नहीं मिल सकी। यही कारण है कि पैक के 'समय-रहित भ्वाकृतिक सिद्धान्त' को अमेरिका में तेज मात भी स्वीकृति नहीं मिल सकी, यद्यपि किंग के भ्वाकृतिक सिद्धान्त में भी चक्रीय संकल्पना का आधार था परन्तु दोनों के विकास में पैक के ममान ही पृष्ठ अपरदन (back wasting) द्वारा समानान्तर निवर्तन की संकल्पना के समावेश के कारण उनके सिद्धान्त को डेविस की तुलना में आंशिक समर्थन ही मिल सका। वास्तव में उन्नीसवीं शदी के उत्तरार्द्ध एवं बीसवीं शदी के प्रथम चरण में स्तरविज्ञान (stratigraphy) की प्रचलित विचारधारा कि 'भू-प्रक्रियाएँ (earth processes), इतिहास एवं घटनाएँ सरल होती हैं तथा उनका कार्यान्वयन चक्रीय पद्धति में होता है' इतनी प्रबल एवं सशक्त हो चली थी कि 'अचक्रीय संकल्पना' (non-cyclic concept) के लिये कोई स्थान न रहा। यही कारण है कि गिस्बर्ट एवं जॉर्ज चलकर (1962) हैंस की अवक्रीय संकल्पनाओं (गतिक संतुलन सिद्धान्त) उपा. 'विवृत तंत्र' (open system) को समुचित स्थान एवं स्वीकृति नहीं मिल सकी है। इस सन्दर्भ में हिगिंस की टीका उल्लेखनीय है—'If the desire for cyclic, time-dependent model stems from an unacknowledged fundamental postulate that the history of the Earth itself is cyclic, then no non-cyclic theory of landscape development can win general acceptance until this postulate is unearthed, examined and possibly rejected.' —Charles G. Higgins (1975, 1980, p 17)

सिद्धान्त के कमजोर पक्ष (Weaknesses of the Theory)

(i) विकासीय प्रावस्थाओं का पारस्परिक संबंध में स्थलरूपों के क्रमिक श्रेणीकरण (ordering of landscape,



तरुण, प्रौढ तथा जीर्ण) की प्रमाणिकता संदिग्ध बतायी जाती है। डेविस ने अपनी उक्त संकल्पना को 'आधार-तल' (base-level) की संकल्पना के आधार पर पुष्ट करने का प्रयास किया है। अर्थात् कोई भी नदी आधार-तल के नीचे अपनी घाटी की तली (valley-floor) का अपरदन नहीं कर सकती। डेविस ने अपनी आधार-तल की संकल्पना का प्रवणता / क्रमबद्धता ('grade') की संकल्पना के साथ ममन्वय किया है। डेविस के अनुसार स्थलखण्ड के उत्थान के बाद उसके अपर-दनात्मक इतिहास में दो प्रावस्थायें होती हैं। प्रारम्भ में नदी की घाटी का तेज गति से अधः अपरदन होता है जिस कारण तंग एवं गहरी घाटी का निर्माण होता है तथा घाटी का पार्श्व-ढाल अत्यन्त तीव्र होता है। सत्यश्चात् घाटी का अधःकर्तन अचानक स्थगित हो जाता है तथा पार्श्विक अपरदन (lateral erosion) द्वारा घाटी चौड़ी होने लगती है, घाटी की तली जो पहले संकीर्ण एवं संकरी थी, अब विस्तृत होकर चौड़ी हो जाती है। घाटी-पार्श्व ढाल मन्द हो जाता है एवं विस्तृत बाढ़-मैदान का निर्माण होता है। इस तरह तरुणावस्था (तंग एवं संकरी घाटी, तीव्र पार्श्व-ढाल) एवं प्रौढ़ावस्था (चौड़ी एवं विस्तृत घाटी) के मध्य आवांतर (transition) को 'प्रवणता' (grade) की दशा के रूप में व्यक्त किया है। डेविस ने अपनी 'प्रवणता की संकल्पना' को 'अपरदन तथा निक्षेपण' या 'कार्य करने की क्षमता एवं कार्य किये जाने की आवश्यकता' (ability to work and the work that needs to be done) के मध्य 'समस्थिति' (balance) के रूप में व्यक्त किया है। डेविस के लेखों से विदित होता है कि स्थलरूपों के विकास की प्रारम्भिक अवस्था में पदार्थों के परिवहन के लिए निवेशित ऊर्जा से अधिक ऊर्जा सुलभ होती है। इस तरह अतिरिक्त ऊर्जा का घाटी-तल के अपरदन में उपयोग होता है। जैसे-जैसे घाटी-तली का अपरदन होता रहता है, अपरदन से प्राप्त मलवा (परिवहन के लिए) की मात्रा बढ़ती जाती है तथा सुलभ (प्राप्य) ऊर्जा घटती जाती है। अन्ततः परिवहन की वाञ्छित एवं निवेशित ऊर्जा बराबर हो जाती है अर्थात् दोनों में समस्थिति हो जाती है।

इस तरह, आलोचकों का कहना है, सुलभ / प्राप्य ऊर्जा तथा किये जाने वाले कार्य में समस्थिति (balance between available energy and the work to be done) की संकल्पना-मुस्पष्ट नहीं है (भ्रामक है)। वास्तव

में, जैसा कि डेविस के लिखित साहित्य में प्रकट होता है, कार्य-मप्यादन का मन्दर्भ मलवा-परिवहन में है एवं ऊर्जा दो रूपों में निवेशित (खर्च) होती है—मलवा के परिवहन में एवं घाटी की तली के अपरदन में। ऊर्जा-खर्च का इस तरह का विभाजन तर्कसंगत एवं सत्य-परक नहीं है। इस प्रकार इस संकल्पना में निम्न त्रुटियाँ बतायी जाती हैं—(i) अपरदन स्वयं अवसादों की गतिशीलता पर आधारित होता है न कि अवसादों (अपरदन के यत्न) के अभाव में सर्वाधिक अपरदन होता है। (ii) ऐसी दशा, जबकि सम्पूर्ण / सकल ऊर्जा केवल परिवहन में खर्च होती हो तथा अपरदन पूर्णतया स्थगित हो जाता हो (जैसा डेविस ने प्रतिपादित किया) का होना असम्भव है। ज्ञातव्य है कि इतना तो अवस्वीकार किया जाता है कि जब घाटी-तली का निम्नवर्ती अपरदन होता है तो स्थितिज ऊर्जा (potential energy) में ह्रास होता है। परिणामस्वरूप निम्नवर्ती अपरदन में भी कमी आती है। इस प्रकार निम्नवर्ती अपरदन के स्थान पर पार्श्ववर्ती अपरदन की शुरुआत त्वरित (अचानक) न होकर क्रमशः होती है। ज्ञातव्य है कि डेविस की आधारभूत मान्यता (कि निम्नवर्ती अपरदन के स्थान के बाव पार्श्ववर्ती अपरदन होता है तथा तीव्र घाटी-पार्श्व (steep valley sides) का चौड़ी एवं विस्तृत तथा मन्द पार्श्व ढाल वाली घाटी के रूप में परिवर्तन हो जाता है) तो तर्कसंगत एवं स्वीकार्य है परन्तु इसकी व्याख्या की प्रक्रिया भ्रामक है।

(ii) डेविस की मान्यता (कि यदि दीर्घकाल तक भू-पटलीय स्थिरता (crustal stability) की दशा बनी रहे तो उच्चावच में इतना ह्रास हो जाता है कि अन्त में आकृतिविहीन समप्राय मैदान का निर्माण होता है) का मौलिक आधार (दीर्घकालिक भू-पटलीय स्थिरता की दशा में उच्चावच में पर्याप्त ह्रास) तो स्वीकार्य है परन्तु समप्राय मैदान की स्थिति संदिग्ध है।

(iii) डेविस ने अपने 'भौगोलिक चक्र' की व्याख्या के समय उत्थान एवं अपरदन की प्रावस्थाओं को अलग रूप में लिया था। प्रारम्भ में अल्पकाल में त्वरित उत्थान होता है तथा अपरदन की क्रिया महत्वपूर्ण नहीं होती है। उत्थान के बाद दीर्घकालिक विवर्तनिक स्थिरता (prolonged tectonic stability) की दशा में अपरदन होता है। डेविस की यह अवधारणा आलोचना की सर्वाधिक शिखार हुई है। परन्तु आगे चलकर डेविस ने स त्रुटि को महभूम किया तथा बताया कि उन्होंने

ऐसा चक्र के सरलीकरण (simplification) के लिये किया है। उन्होंने अपने चक्रोपरांत कार्यों में उत्थान के माप ही अपरदन की क्रिया का भी उल्लेख किया है। ज्ञातव्य है कि डेविस के सिद्धान्त का यह सबसे कमजोर पक्ष रहा है। वास्तव में उत्थान तथा अपरदन में सीधा सम्बन्ध होता है। अर्थात् जिस गति में उत्थान होता है उसनी ही सीधेता से अपरदन भी होता है। इस आलोचना में भी उसनी ही यथार्थता का अभाव है जितना डेविस द्वारा कल्पित उत्थान एवं अपरदन के बीच। यह अवश्य सत्य लगता है कि दीर्घकाल तक भू-पटलीय स्थिरता की दशा सम्भाव्य नहीं है। मध्य तो यह है कि इनके सम्बन्ध समय तक भू-पटल गतिविहीन स्थिर दशा में रहे कि उच्चावच के द्वारा समग्र मैदान का निर्माण हो मने की अवधारणा मान्य नहीं है। वास्तव में भू-पटलीय क्रिया की निरन्तरता (persistent crustal activity) स्थलरूपों के विकास में महत्वपूर्ण कारक होती है। प्लेट विवर्तनिकी (plate tectonics) के ज्ञान पर तो यह पूर्णरूपेण सत्यापित हो गया है कि भू-पटल में पूर्ण स्थिरता (complete crustal stability) सम्भव नहीं है।

(iv) डेविस की 'पहाड़ी-ढाल' एवं 'घाटी-पार्श्व-ढाल' (Valleyside slopes) के विकास की अवधारणा भी एक सामान्य विवरण ही है। डेविन ने बताया कि तरुणावस्था में घाटी पार्श्व-ढाल (जो तीव्र होता है) का विकास नदी द्वारा घाटी-तल के अधःकर्तन एवं घाटी-पार्श्व के ढाल-प्रक्रमों द्वारा घट्ट अपरदन (back wearing) के सापेक्ष दर (relative rates) द्वारा नियंत्रित होता है। जब नदी द्वारा घाटी-तल का अधःकर्तन (incision) समाप्त हो जाता है तो ढाल का आकार मात्र ढाल-प्रक्रमों द्वारा ही नियंत्रित होता है तथा ढाल कोण में निरन्तर कमी होती जाती है। डेविस ने इस प्रकार प्रक्रम एवं रूप (process and form) के मध्य केवल सामान्य दशाओं एवं सम्बन्धों का ही वर्णन किया, जटिल सम्बन्धों (जिसकी अधिक सम्भावना होती है) की ओर ध्यान नहीं दिया है।

(v) डेविस अपने भौगोलिक चक्र के दौरान स्थलरूपों के विकास में पुनरावृत्त नपुस्तरीय उत्थानों (repeated minor uplifts) का भी विषद उल्लेख किया है। डेविस के अनुसार इस क्रिया द्वारा स्थलरूप बहुचक्रीय होते हैं। ज्ञातव्य है कि डेविस ने पुनरावृत्त उत्थान के द्वारा घाटी की तली में परिवर्तन (पुन-

रावृत्त अधःकर्तन—repeated incision द्वारा) पर ही बल दिया है। घाटी-पार्श्व ढाल पर होने वाले प्रभाव पर कम ध्यान दिया है। डेविस के अनुसार आधार-तल (base-level) में कृत्रिमिक संवेगन द्वारा नवीन्य होता है तथा निकषावृष्ट का निर्माण होता है, जो समय के साथ नदी की अनुदैर्घ्य घाटी (long profile) में ऊपर की ओर घिसता जाता है। इस क्रिया के दौरान घाटी-तली (valley floor) का अपरदन होता है तथा प्रारम्भिक बाढ़-मैदान का भाग नदी के दोनों ओर उन्नित वेदिका के रूप में स्थित होता है। इस तरह डेविस की इस व्याख्या (नवीन्य की क्रिया) में नदी-घाटी की अनुदैर्घ्य परिच्छेदिका (longitudinal profile of a river valley) की व्याख्या तथा घाटी-तल के विकास का व्याख्या तो होती है परन्तु नदी-घाटी के समग्र रूप (अनुदैर्घ्य तथा अनुप्रस्थ दोनों) के विकास की व्याख्या नहीं हो पाती है।

### 3 पैक का स्वाकृतिक सिद्धान्त/मॉडल

पैक के स्वाकृतिक विचारों का प्रकाशन उनके मरणो-परान्त 1924 में 'Die Morphologische Analyse' के रूप में जर्मन भाषा में हुआ। दुर्घट भाषा में प्रकाशन के कारण पैक के स्वाकृतिक विचारों को सही ढंग से नहीं समझा जा सका है। परिणामस्वरूप कई भ्रान्तिमय उत्पन्न हो गयी हैं। (Penck is the most misunderstood geomorphologist)/पैक के स्थलरूपों के विकास से सम्बन्धित विचारों को सामूहिक रूप में 'आकृतिक विश्लेषण' (Morphological Analysis) या 'स्वाकृतिक तंत्र' (Morphological System) की संज्ञा दी जा सकती है।

### सिद्धान्त का उद्देश्य

पैक के 'स्वाकृतिक तंत्र' या स्थलरूपों के अध्ययन की योजना का मुख्य उद्देश्य वर्तमान प्रक्रियाओं तथा आकृतिक विशेषताओं के आधार पर धरातलीय संचलन (crustal movement) के विकास एवं उसके कारणों की कल्पना करना था। इस प्रक्रिया को पैक ने 'आकृतिक विश्लेषण' की संज्ञा प्रदान की। इस उद्देश्य की पूर्ति के लिये पैक ने 'उच्चावच प्रकार या स्थलरूप संयोजन' (landform associations) की संकल्पना का प्रतिपादन किया। प्रारम्भ में 'ढाल के समानान्तर विवर्तन' को पैक की मौलिक संकल्पना माना गया था, जो एक वृत्त व्याख्या थी। दोनों से सम्बन्धित पैक की मुख्य संकल्पना 'ढाल प्रतिस्थापन' (slope replacement) की है।

### सिद्धान्त का सम्बन्ध तंत्र (Reference System)

पेंक के अनुसार किसी भी क्षेत्र में स्थलरूप का आकार वहाँ की विवर्तनिक क्रिया से सम्बन्धित होता है। अतः क्षेत्र विशेष की स्थलाकृतिक विशेषताओं के आधार पर उस क्षेत्र में विवर्तनिक संचलन के विकास एवं-उसके कारणों की व्याख्या की जा सकती है। स्थल-रूपों का विकास समय-निर्भर न होकर समय-रहित या समय-स्वतंत्र होता है।<sup>1</sup>

#### सिद्धान्त की मान्यतायें

किसी भूतल के किसी क्षेत्र की आकृतिक विशेषतायें (morphological characteristics) धरातलीय संचलन एवं अनाच्छादनात्मक प्रक्रमों के बीच प्रतिस्पर्धा (competition) की प्रतिकूल होती हैं। अर्थात् आकृतिक विशेषतायें अन्तर्गत प्रक्रमों की तीव्रता (intensity) एवं पदार्थों के बहिर्जात प्रक्रमों द्वारा विस्थापन के अनुपात की द्योतक होती हैं। इस प्रकार पेंक ने डेविस के 'समय-निर्भर सिद्धान्त' (time-dependent theory of landform development) के विपरीत 'समय-रहित सिद्धान्त' (time-independent theory) का प्रतिपादन किया है। पेंक के अनुसार स्थलरूपों के विकास का मुख्य नियंत्रण (control) विवर्तनिक उत्थान की दर एवं नदी द्वारा निम्नवर्ती अपरदन की दर के बीच सम्बन्ध होता है। और यह सम्बन्ध नदी-घाटी के ढाल को प्रभावित करता है।

पेंक ने ढाल-विकास के मॉडल का निर्माण किया है। ढाल-विकास के इस मॉडल का मुख्य मन्दर्भ तब यह है कि पहाड़ी-ढाल का आकार नदी द्वारा निम्नवर्ती अपरदन तथा पहाड़ी-ढाल के अनाच्छादन<sup>2</sup> के सापेक्षिक दरों (relative rates) पर निर्भर होता है। पेंक ने तीन धरातलीय दशाओं (crustal states) का उल्लेख किया है।<sup>1</sup> (i) धरातलीय स्थिरता (crustal stability) की दशा जिसमें सक्रिय विस्थापन नहीं होता है। यह दशा वर्तमान समय के महाद्वीपीय क्षेत्रों की स्थिति की द्योतक है। (ii) द्वितीय दशा में धरातल में प्रारम्भ में सीमित क्षेत्र में गुम्बदीय उत्थान (domed uplift) होता है लेकिन बाद में इसका प्रभाव बृहत् क्षेत्रों में भी होता है। (iii) तृतीय दशा में विस्तृत रूप में धरातलीय उत्थान होता है। इसके अन्तर्गत पूर्वोक्त क्षेत्रों को

सम्मिलित करते हैं। पेंक की एक महत्वपूर्ण मान्यता यह रही है कि धरातलीय संचलन की दर में कालिक परिवर्तन होता रहता है। पेंक ने धरातलीय संचलन एवं नदी द्वारा निम्नवर्ती अपरदन की दरों में समायोजन की तीन दशाओं का उल्लेख किया है। (i) यदि धरातलीय उत्थान की दर लम्बे समय तक समान/स्थिर रहती है तो नदी द्वारा निम्नवर्ती अपरदन की दर इस तरह होती है कि अन्त में दोनों में साम्यावस्था स्थापित हो जाती है। (ii) यदि नदी द्वारा निम्नवर्ती अपरदन की दर की तुलना में उत्थान की दर अधिक होती है तो नदी की प्रवणता तब तक बढ़ती जायेगी जब तक निम्नवर्ती अपरदन की दर उत्थान की दर के बराबर न हो जाय। दोनों के समान हो जाने पर साम्यावस्था की स्थिति स्थापित हो जाती है। (iii) यदि नदी द्वारा निम्नवर्ती अपरदन की दर उत्थान की दर से तेज होती है तो नदी की प्रवणता में इतना अवनयन/ह्रास हो जाता है कि अपरदन एवं उत्थान की दर समान हो जाय। इन तीनों दशाओं में एक निश्चित समय के बाद साम्यावस्था की दशा स्थापित हो जाती है। यदि विवर्तनिक संचलन की दर में बार-बार अन्तर होता है तो असन्तुलन (disequilibrium, नैपम्यावस्था) की दशा होती है।

पेंक के ढाल-विकास मॉडल के सम्बन्ध तंत्र (reference systems) की मान्यतायें (assumptions/premises) इस प्रकार हैं—(i) मुख्य मान्यता यह है कि पहाड़ी-ढाल के सबसे निचले खण्ड/भाग की प्रवणता इतनी होती है कि इस भाग पर अनाच्छादन नदी द्वारा निम्नवर्ती अपरदन के बराबर होता है। (ii) ढाल का अपक्षय गमन होता है। अर्थात् ममस्त भाग का समान दर से अपक्षय होता है। (iii) जैसे ही अपक्षय द्वारा ढाल-प्रवणता के भूतात्विक वांछित गतिशीलता (mobility) उत्पन्न होती है, अनाच्छादन<sup>2</sup> (denudation) प्रारम्भ हो जाता है तथा यह अपक्षय की दर के बराबर होता है। (iii) नदी-अपरदन की तीव्रता द्वारा ढाल की प्रवणता (gradient) निर्धारित होती है। ढाल के सूक्ष्म आकार वृष्टान की विशेषता पर आधारित होते हैं। (iv) ढाल-प्रवणता के विच्छेद (breaks of gradient) आधार-तल होते हैं तथा प्रत्येक आधार तल के ऊपर के ढाल-खण्ड (slope segment) की प्रवणता का विकास

1. पेंक के अपरदन-चक्र के मॉडल का विश्लेषण अध्याय—'अपरदन-चक्र की सकल्पना एवं गतिक संतुलन सिद्धान्त' में किया गया है।

2. पेंक ने 'अनाच्छादन' (denudation) का प्रयोग मलबा के निष्कासन (removal) के लिये किया है।

निचले आधार-तल से स्वतंत्र रूप में होता है। (v) एक दार निर्मित हो जाने के बाद ढाल की इकाई नदी से पीछे हटती जाती है तथा ढाल कोण स्थिर रहता है। ढाल का यह निवर्तन अनाच्छादन के दर के अनु रूप होता है। पेंक के ढाल-विकास में मॉडल का अध्याय 17 (ढाल-विश्लेषण) में विवश उल्लेख किया गया है।

पेंक की मान्यता है कि साम्यावस्था एवं वैषम्यावस्था (equilibrium and disequilibrium) की दशाओं में ढालों के विभिन्न रूपों का विकास होता है।

(i) जब उत्थान एवं नदी द्वारा निम्नवर्ती अपरदन की दर बराबर होती है तो समर रेखी (rectilinear slope) ढाल का निर्माण होता है। (साम्यावस्था की दशा)।

(ii) यदि निम्नवर्ती अपरदन की दर उत्थान की दर से तेज होती है तो तीव्र ढाल वाली उत्तल ढाल-परिच्छेदिका का विकास होता है (वैषम्यावस्था की दशा)।

(iii) यदि उत्थान की अपेक्षा निम्नवर्ती अपरदन की दर घटती जाती है तो अवतल ढाल-परिच्छेदिका का निर्माण होता है (वैषम्यावस्था की दशा)।

(iv) जब विवर्तनिक स्थिरता होती है तो ढाल-गतन होता है तथा अवतल ढाल परिच्छेदिका का विकास होता है। पेंक द्वारा प्रस्तुत ढाल-निवर्तन की प्रक्रिया के सम्बन्ध में लोगो में सर्वाधिक भ्रान्ति है। पेंक की इस मकल्पना को व्याख्या लोगों ने गलत ढंग से की है। पेंक की इस ढाल-निवर्तन की प्रक्रिया को समानान्तर निवर्तन के रूप में व्यक्त किया गया है, जो सत्य नहीं है। पेंक ने इस सम्बन्ध में घाटी-तली के ऊपर तीव्र ढाल वाली सरलरेखी परिच्छेदिका का एक उदाहरण प्रस्तुत किया है। उनकी मान्यता है कि तीव्र ढाल का निवर्तन मन्द ढाल की अपेक्षा तेज गति से होता है। तीव्र समर रेखी ढाल के समस्त ध्रुव भाग (नदी की ओर उन्मुख) के सम्पूर्ण ध्रुव पर समान दर से अपक्षय होता है, परिणामस्वरूप उसमें निवर्तन इस तरह होता है कि ढाल कोण में अन्तर नहीं होता है। इस ढाल परिच्छेदिका की पदस्थली पर ढलुआ मतलब (अपेक्षा-रहित कम कोण वाली) का विकास होता है जिसे पेंक ने 'हाल्डेनहाग' (Haldenhag) नाम दिया है। इस हाल्डेनहाग में मलवा का परिवहन होता है तथा मलवा सरक कर नदी में जाता है। इस हाल्डेनहाग के नीचे और मन्द ढाल वाली ढाल-इकाई का निर्माण होता है। अन्त में एक विस्तृत अवतल ढाल परिच्छेदिका का विकास होता है।

पेंक ने स्थलखण्ड में उत्थान एवं अपरदन की

सहायता बताया है। अर्थात् जैसे ही उत्थान प्रारम्भ होता है, अपरदन भी होने लगता है। पेंक ने स्थलरूपों एवं भौतिकी (lithology) में सह-सम्बन्ध की बात कही है। विभिन्न शैलों में रासायनिक एवं यांत्रिक विनाश के लिए प्रतिरोध (resistance) को मात्रा अलग-अलग होती है। अत्यधिक प्रतिरोधी शैल द्वारा ढाल परिच्छेदिका में प्रवणता भंग/विच्छेद (breaks in gradient) का निर्माण होता है, अर्थात् सरचनात्मक आधार तल का विकास होता है। यह प्रवणता विच्छेद सामान्य ढाल इकाई के समान न तो पीछे हटता है और न ही समाप्त होता है। वरन् शैल मीमा के खिसकाव का अनुसरण करता है। यदि कोई कठोर शैल वाली ढाल इकाई है तो उसके ऊपर उत्तल ढाल विच्छेद एवं निचले भाग पर अवतल ढाल विच्छेद अवश्य होने हैं। जैसे-जैसे इस कठोर शैल वाली ढाल इकाई का अपरदन द्वारा अवनयन होता जाता है, ऊपरी भाग में खपटे ढाल (कम कोण वाले) का विकास होता है। शैलों में जितना ही अधिक अन्तर होता है उतना ही अधिक अन्तर ढाल-प्रवणता में होता है। सामान्य रूप में अधिक कठोर शैल पर तीव्र ढाल का निर्माण होता है, उसका निवर्तन अत्यन्त मन्द होता है, घाटी सकरी एवं तंग होती है तथा सापेक्षिक ऊँचाई अधिक होती है। कमजोर शैल के साथ मन्द ढाल का निर्माण होता है, निवर्तन अधिक होता है, घाटी चौड़ी होती है एवं सापेक्षिक ऊँचाई कम होती है।

#### 4 क्रिग का भ्वाकृतिक सिद्धान्त

क्रिग का स्थलरूपों के विकास में सम्बन्धित सिद्धान्त उनके द्वारा दक्षिणी अफ्रीका की स्वलाकृतियों के अध्ययन में सम्बन्धित तथ्यों के ध्येरेवार विवरण पर आधारित है। यद्यपि क्रिग ने डेविस के भ्वाकृतिक सिद्धान्त (भौगोलिक चक्र) का जोरदार खण्डन किया है परन्तु इनके सिद्धान्त का भी मुख्य आधार चक्रीय सकल्पना की ही मान्यता है। इस प्रकार क्रिग का भ्वाकृतिक सिस्टम भी मूलरूप में विकासीय एवं चक्रीय ही है जैसा कि इनके 'स्थलाकृति चक्र' (the landscape cycle), 'अपरदन का भूतन चक्र' (the epigene cycle of erosion), 'पेदीप्लेनशन चक्र' (the pediplanation cycle) एवं पहाड़ी ढाल चक्र' (Hillslope cycle) से प्रकट होता है। यद्यपि क्रिग ने डेविस से अलग तथा पेंक की कुछ मान्यताओं पर अपने भ्वाकृतिक सिस्टम को विकसित करने का प्रयास किया है परन्तु इनका मॉडल पेंक की तुलना में डेविस के अधिक करीब है।

किंग के मिडान्त की प्रमुख मान्यता यह है कि 'स्थलरूपों का विकास विभिन्न पर्यावरण दशाओं में समान होता है, जल अपरदित स्थलरूपों के विकास में जलवायु परिवर्तनों का महत्व नगण्य होता है।' सभी महाद्वीपों में प्रमुख स्थलाकृतियों का विकास स्यात्मक व्यापक विवर्तनिक (rhythmic global tectonics) घटनाओं से नियंत्रित हुआ है। ढालों में सतत खिसकाव (migration) होता है तथा इस तरह का निवर्तन (retreat) नमानान्तर होता है। यह निवर्तन ढाल पर त्रियाशील प्रक्रमों द्वारा नियंत्रित होता है तथा उसी के अनुरूप (निवर्तन की प्रक्रिया) ढालों का रूप बनता है।

किंग की मान्यता है कि पहाड़ी-ढाल में चार तरह होने हैं—स्थिर, कगार, मलबा ढाल तथा पेडीमेंट। किंग ने अपने मिडान्त का प्रतिपादन दक्षिणी अफ्रीका के अर्द्ध-गुप्त क्षेत्रों में स्थलाकृतिक विशेषताओं के आधार पर किया है तथा बाद में अपने मिडान्त को अन्य प्रदेशों में भी प्रयोज्य (practicable) बताया है। इनकी मान्यता है कि चार तरह के (उपर्युक्त) से युक्त पहाड़ी ढाल आधार-भूत स्थलरूप होता है जो उन सभी प्रदेशों में तथा सभी प्रकार के जलवायु में विकसित होता है जहाँ पर पर्याप्त उच्चावच होते हैं तथा जल-प्रवाह अनाच्छादन का प्रमुख प्रक्रम होता है।

किंग के अनुसार प्रत्येक चक्र त्वरित उत्थान के साथ प्रारम्भ होता है तथा उत्थान के बाद दीर्घकाल तक विवर्तनिक स्थिरता होती है (स्थलघण्ट स्थिर रहते हैं)। किंग की यह मान्यता डेविस की मान्यता के अनुरूप है। इस त्वरित उत्थान के कारण नदियाँ द्वारा निम्नवर्ती अपरदन तेज हो जाता है तथा नदी के मार्ग में निकष्पाङ्क बन जाते हैं जो नदी के ऊपरी मार्ग की ओर खिसकते जाते हैं। स्थलाकृतिक चक्र की तरणावस्था में नदी द्वारा तीव्र निम्नवर्ती अपरदन के कारण मार्ग का निर्माण होता है। जब निम्नवर्ती अपरदन शिथिल हो जाता है तो घाटी-पार्श्वढाल (valley side slopes) स्थिर कोण वाले हो जाते हैं तथा ढाल का यह रूप उस पर (ढाल पर) त्रियाशील भौतिक कारकों एवं भौतिकी (lithology) द्वारा निर्धारित होता है। प्रौढावस्था के समय निम्नवर्ती अपरदन समाप्त हो जाता है तथा पार्श्विक अपरदन (lateral erosion) प्रमुख हो जाता है। घाटी पार्श्व ढाल का नदी से खिसकाव, निवर्तन (अर्थात् घाटी चौड़ी होती जाती है एवं घाटी पार्श्वढाल नदी के जलमार्ग-channel-से दूर हटता जाता है) होता है परन्तु इस प्रक्रिया के दौरान घाटी-पार्श्व ढाल के कोण में कोई महत्वपूर्ण

अन्तर नहीं होता है। इस घाटी-पार्श्व ढाल के आधार (base, पदस्थली) पर अपेक्षाकृत समतल एवं सपाट स्थलरूप का निर्माण होता है जिसका ढाल अधिकतम रूप में  $10^\circ$  होता है, परन्तु सामान्य रूप में यह  $5^\circ$  से अधिक नहीं हो पाता है। इस स्थलरूप को किंग ने पेडी-मेंट नामावली दी है। इनकी परिच्छेदिका अवतल होती है। इस पेडीमेंट का शून्य-शून्य विस्तार होता है (घाटी पार्श्व के कगार के समानान्तर निवर्तन द्वारा) तथा अन्त में नई पेडीमेंट मिल जाते हैं और विस्तृत पेडीप्लेन का निर्माण होता है। इस तरह निमित पेडीप्लेन की सामान्य सतह निम्न उच्चावच वाली होती है तथा इसकी रचना कई निम्न प्रतिच्छेदा अवतल सतहों (subdued inter-secting concavities) द्वारा होती है। इस सतह के ऊपर कुछ छिट-पुट साँच ढाल वाले अवशिष्ट टीले मौजूद रहते हैं। चक्र की अन्तिम अवस्था में दीर्घकाल तक अप-थम के कारण जनविभाजकों का विस्तृत उत्तलता में परिवर्तन हो जाता है।

किंग की मान्यता है कि निवर्तमान ढाल (migrating or retreating slope) का रूप उस पर क्रियाशील प्रक्रमों द्वारा निर्धारित होता है। पहाड़ी-ढाल का शीर्ष (सबसे ऊपर का भाग) उत्तल होता है जो मृदा-नर्पण (soil creep) द्वारा निमित होता है। कगार शैल दृश्यांग (rock outcrops) का बना होता है तथा उनमें निवर्तन होता है। यह निवर्तन शैल के टूट कर अधः पतन (नीचे की ओर गिरना), भूस्खलन (landslide) तथा अवनतिका अपरदन (gullying) द्वारा होता है। समस्त पहाड़ी-ढाल का सबसे सक्रिय सतह कगार ही होता है। मलबा-ढाल (debris slope) का निर्माण ऊपर से आने वाले मलबा के द्वारा होता है तथा इसकी प्रवणता (gradient) मलबा/पदार्थों के ठहराव (repose) के कोण द्वारा नियंत्रित होती है। पेडीमेंट पहाड़ी-ढाल की परिच्छेदिका की सबसे निचली इकाई होती है तथा इसका निर्माण ठोस शैल के तीव्र चादरी-बाढ़ (turbulent sheet flood) द्वारा अपरदन के कारण होता है।

यदि डेविस एवं किंग के प्रतिरूपों की तुलनात्मक व्याख्या की जाय तो स्पष्ट होता है कि दोनों प्रतिरूपों में कुछ हद तक अनुरूपता अवश्य है। दोनों स्थलाकृति के चक्रिय विकास में विश्वास करते हैं जिसके अन्तर्गत अपरदन-चक्र स्थलघण्ट में तीव्र उत्थान के साथ प्रारम्भ होता है तथा उत्थान के बाद दीर्घकालिक विवर्तनिक निष्क्रियता (विवर्तनिक स्थिरता) होती है। इस अवधि के दौरान पेडीप्लेन (डेविस) या पेडीप्लेन (किंग) का निर्माण

होता है। दोनों स्थलरूपों में सामान्य अनुसृष्टता होती है क्योंकि ये प्राचीन होते हैं। उच्चावच निम्न होते हैं एवं विस्मृत क्षेत्रों को प्रदर्शित करते हैं। दोनों प्रतिरूप अपरदन चक्र के पूर्णकाल की तरफ, प्रौढ़ तथा जीर्ण अवस्थाओं की मान्यता पर आधारित हैं। इन दोनों प्रतिरूपों में अन्तर भी है। डेविग के पेनोप्लेन का निर्माण अधःक्षय (down wasting) द्वारा होता है जबकि किंग का पेटीप्लेन कई पेटीमिण्ट के समेकन एवं सम्बर्द्धन से निर्मित होता है। इन पेटीमिण्ट में शीर्षवर्ती निवर्तन द्वारा विस्तार होता है। डेविग का पेनोप्लेन जब निर्मित हो जाता है तो उसमें पुनः विकास नहीं होता है तथा जब नवीन उत्थान होने से नया चक्र प्रारम्भ होता है तो उसमें नवोन्मेष हो जाता है। इसके विपरीत किंग का पेटीप्लेन अपने निर्माण के बाद भी शीर्ष की ओर बढ़ता जाता है। यद्यपि इन पेटीप्लेन के दूरस्थ छोर पर नये कगार का निर्माण हो जाता है। इनमें प्रमुखता से निवर्तन द्वारा दूसरे पेटीमिण्ट (पूर्व निर्मित) पेटीप्लेन के दूरस्थ भाग पर) का निर्माण होता है जिसमें निवर्तन के कारण प्रारम्भिक पेटीप्लेन के विस्तार में ह्रास होता है। स्पष्ट है कि उत्पन्न स्थानाकृति ऐसी होती है कि पेटीप्लेन होते हैं जो शीर्ष की ओर बढ़ते जाते हैं। किंग का इस तरह का पेटीप्लेन पैर के गिरिपद ट्रेपन (piedmont treppen) के अनुरूप होता है।

किंग के भ्वाकृतिक मॉडल की कुछ मान्यताएँ विवादस्पद हैं। यथा—(1) किंग के भ्वाकृतिक मॉडल की रचना दक्षिणी अफ्रीका के अर्द्ध-शुष्क प्रदेशों की स्थलाकृतिक विशेषताओं के आधार पर की गई है परन्तु किंग ने अपने विचारों को अन्य क्षेत्रों के स्थलरूपों की व्याख्या के लिये भी प्रयुक्त किया है। यह मान्यता सन्तोषजनक नहीं है। (2) किंग का मान्यता है कि स्थलरूपों का विकास विभिन्न पर्यावरण दशाओं में समान रूप से होता है, सन्देहास्पद है। ज्ञातव्य है कि किंग के भ्वाकृतिक सिस्टम को उतनी मान्यता एवं सम्मर्धन नहीं मिला जितना मिलना चाहिये था। इसका प्रमुख कारण यह है कि किंग का सिद्धान्त उस समय (1953, Canons of landscape evolution) आया जबकि लोगों की दिलचस्पी भ्वाकृतिक सिद्धान्तों की आवश्यकता, वास्तविकता एवं उपपत्ति में उठ चुकी थी। किंग के 'पहाड़ी ढाल चक्र' की व्याख्या के लिये देखिये अध्याय 17, 'ढाल विरम्येय'।

5 हैक का भ्वाकृतिक मॉडल-सिद्धान्त

जे. टी. हैक का भ्वाकृतिक सिद्धान्त 'गतिक सन्तुलन' (dynamic equilibrium) के नाम से जाना

जाता है। इनका मूल सिद्धान्त डेविग के 'भौगोलिक चक्र' एवं पैक के 'आकृतिक तंत्र' (morphological system) की आलोचना एवं अस्वीकरण से उत्पन्न भ्वाकृतिक अन्तराल (conceptual vacuum) को भरने का एक प्रयास है। हैक के अनुसार 'बहुअपरदन चक्र' (multiple erosion cycles) के आधार पर बहुस्तरीय स्थलाकृति (multilevel landscape) की व्याख्या नहीं हो सकती है। हाँ, अपरदनात्मक स्थानाकृति की व्याख्या 'गतिक सन्तुलन के नियमों' के आधार पर अवश्य की जा सकती है। हैक ने दावा किया है कि 'सन्तुलन (समन्वित) मकल्पना अपने में स्वयं कोई मॉडल नहीं है।' हैक का भ्वाकृतिक सिद्धान्त 'विवृत तंत्र' (open system) की मकल्पना पर आधारित है। 'जब तक विवृत तंत्र में ऊर्जा स्थिर रहती है, स्थलरूप भी स्थिर रहते हैं यद्यपि अपरदन द्वारा स्थलछण्ड में अर्थव्यय होता रहता है।' इस तरह हैक का सिद्धान्त स्थलरूपों के समय-रहित (timeless or time independent) विकास की अवधारणा पर आधारित है जिसके अन्तर्गत स्थलरूप समतल/स्थिर दशा' (steady state) में रहता है। हैक को यह भी मान्यता नहीं है कि 'स्थानाकृतिक आकार एवं प्रक्रम जल वैभित्य एवं उन पर कार्यरत प्रक्रमों से सम्बन्धित होते हैं' (...topographic forms and processes are closely related to differences in the rocks and the processes acting on them—(J T Hack)।

सिद्धान्त का उद्देश्य

हैक के सिद्धान्त का मुख्य उद्देश्य किसी भी प्रदेश में स्थलरूपों की वर्तमान समय में सक्रिय प्रक्रमों के आधार पर व्याख्या करना है। भाव ही भाव हैक ने स्थलरूपों एवं मरचना में समायोजन स्थापित करने का भी प्रयास किया है जिसके लिए अन्वेषित प्रदेश की गेननडोह घाटी से उदाहरण प्रस्तुत किये गये हैं।

सिद्धान्त के सन्दर्भ तंत्र

हैक के सिद्धान्त का मुख्य सन्दर्भ तंत्र (reference system) यह है कि 'भ्वाकृतिक तंत्र विवृत तंत्र होता है जो समन्वित की ओर उन्मुख होता है।' हैक का स्थलरूपों के विकास का मॉडल इस प्रकार व्यक्त किया जा सकता है, 'स्थलरूपों का आकार अपरदन के नियंत्रण संरचना की प्रतिरोधिता तथा कार्यरत प्रक्रमों की अपरदनात्मक ऊर्जा के मध्य सन्तुलन (समायोजन) पर आधारित होता है'—the shape of landforms reflects

the balance between the resistance of the underlying material to erosion and the erosive energy of the active processes.

### सिद्धान्त की मान्यताएँ

हैक के सिद्धान्त का मुख्य आधार या मान्यता यह है कि 'स्थलाकृति एवं उसके निर्माणक प्रक्रम विद्युत तन्त्र के भाग होने हैं तथा विद्युत तन्त्र समस्थिति की स्थिर दशा में होता है'— the landscape and the processes that form it are part of an open system which is in a steady state of 'balance'—(Hack, 1960)। इस मान्यता के आधार पर निम्न सन्दर्भ में मोचे जा सकते हैं— (i) अपरदन के प्रक्रमों एवं शक्ति की प्रतिरोधिता के मध्य सन्तुलन (balance) होता है। (ii) स्थलाकृति के सभी अंगों में समान दर में अक्ष क्षय (down wasting) होता है। (iii) स्थलाकृतिक विशेषताएँ एवं स्थलरूपों में अन्तर / विविधता स्थानिक सम्बन्धों के सन्दर्भ में व्याख्या होती है— 'differences and characteristics of form are explicable in terms of spatial relations in which geologic patterns are the primary consideration'—(Hack, 1960). (iv) जो प्रक्रम आज कार्यरत हैं उन्होंने ही स्थलाकृति का निर्माण किया है।

यद्यपि हैक ने 'विकासीय मॉडल' (evolutionary model) का निर्माण नहीं किया है तथापि उनकी मान्यता है कि विकास भी प्रवृत्ति का एक तथ्य है तथा रूप (स्थलरूप) की विरासत की सदा सम्भावना रहती है— 'that evolution is also a fact of nature and that the inheritance of form is always a possibility'—(Hack). हैक ने यद्यपि ज्वलन्ती पर्यावरण दशाओं के सहित समय के परिवर्ष में स्थलरूपों में परिवर्तन के आदर्श मॉडल का निर्माण नहीं किया है परन्तु उन्होंने यह माना है कि जब समस्थिति की दशाओं में परिवर्तन होता है तो स्थलरूपों में भी परिवर्तन होता है परन्तु यह परिवर्तन डेविम द्वारा प्रतिपादित विकासीय परिवर्तन (evolutionary change) के मद्देन नहीं होता है। हैक ने उत्थान एवं अपरदन की दरों में सन्तुलन (balance) की विभिन्न दशाओं के सन्दर्भ में स्थलरूपों में विविधता की अवधारणा व्यक्त की है— (i) उत्थान की दर अपरदन की दर में सन्तुलित होती है अर्थात् यदि उत्थान एवं अपरदन की दर तेज जाती है तो

उच्च स्थलाकृति का निर्माण होता है। यह स्थिति तब तक बनी रहती है (उच्च स्थलाकृति की) जब तक उत्थान एवं अपरदन की तेज दर स्थिर रहती है। (ii) जब उत्थान की दर शून्य हो जाती है तो उच्चावच में भी हास हो जाता है। यद्यपि इस दशा में भी कटक एवं वीहद स्थलाकृति (ridge and ravine topography) बनी रहती है, कटक के शीर्ष का गोलन (rounding) हो जाता है। (iii) जब उत्थान की दर बढ़ने लगती है तो उच्चावच भी बढ़ता है ताकि अपरदन की बढ़ती दर बनी रह सके। हैक की मान्यता है कि यदि पटलविरूपणी सञ्चलन (diastrophic movements) क्रमशः (gradual) होता है तथा इसका सन्तुलन अपरदनात्मक क्रिया द्वारा हो जाता है, तो स्थलाकृति में, जब वह एक रूप से दूसरे रूप में विकसित होती है, समस्थिति की दशा कायम रहती है। यदि पटलविरूपणी सञ्चलन त्वरित रूप में होता है तो अवशिष्ट स्थलरूप तब तक परिस्थित (preserved) रहने हैं, जब तक नयी समस्थिति की दशा प्राप्त नहीं हो जाती है। पामक्विस्ट के शब्दों में— 'हैक ने डेविम के आदर्श भौगोलिक चक्र की सन्तुलन की सञ्चलन के सन्दर्भ में व्याख्या की है तथा समरूप 'विकासीय योजना' का प्रतिपादन किया है'—Hack (1965) paraphrases Davis' ideal geographical cycle in terms of the equilibrium concept and develops a similar evolutionary scheme. An initial disequilibrium stage (youth) of rapid stream incision is followed by an equilibrium stage (mature) wherein the rounded interfluvies are lowered as potential energy decreases though they do not change in form—Robert C. Palmquist.

हैक ने 'सतत अक्षय मॉडल' (continuous downwasting model) का भी निर्माण किया है। इस मॉडल में यद्यपि गतिक सन्तुलन के लिये प्रवृत्ति (tendency for dynamic equilibrium) की कल्पना की जाती है परन्तु यह आवश्यक नहीं है कि गतिक सन्तुलन 'स्थिर दशा' (steady state) में हो। उन्होंने पुनः बताया है कि यद्यपि 'स्थिर दशा' की सम्भावना रहती है परन्तु वास्तविकता में यह स्थिति दुर्लभ होती है।

हैक के अनुसार आधार-तन के सन्दर्भ में 'विकासीय मॉडल' (evolutionary models) को भी कल्पना की जा सकती है। इस सन्दर्भ में आधार-तन की तीन दशाओं

को लिया जा सकता है—(i) स्थिर आधार-तल, (ii) आधार-तल में वृद्धि तथा (iii) आधार-तल में अवनयन / ह्रास। इस तरह प्रथम दशा के सन्दर्भ में यदि कोई भाग स्थित होता है तथा उत्थान के बाद वह दीर्घकाल तक स्थिर रहता है (अतः स्थिर आधार-तल) तो अपक्षय एवं अपरदन द्वारा इस स्थलखण्ड का अन्ततः आधार तल के बराबर अवनयन हो जाता है। प्रारम्भ में अन्ततः अवनयन की दशा में स्थलरूपों में जो परिवर्तन होते हैं वे 'विकासीय अनुक्रम' (evolutionary sequence) में होते हैं। हैक के अनुसार स्थिर आधार-तल की दशा में अन्तिम स्थलाकृति कटक एवं बीहड़ का क्रमिक जाल (orderly network of ridges and ravines) होता है जो निम्न उच्चावच वाले होते हैं। इस तरह स्थिर आधार-तल की दशा में उच्चावच में क्रमशः एक क्रमिक अवनयन एक ह्रास होता जाता है। (ii) यदि आधार-तल में वृद्धि होती है (आधार-तल का घनात्मक संचलन) तो निचली घाटी जलमग्न हो जाती है लेकिन उसके ऊपरी भाग (upstream) में इसका (आधार-तल में वृद्धि) का प्रभाव नगण्य होता है परन्तु स्थलाकृति में अवनयन होता है। इस तरह हैक ने बताया है कि नदी की परिच्छेदिका एक नदी के सामान्य कार्य, जिनके द्वारा ढालों का विकास होता है, नदी के ऊपरी भाग (upstream) की दशाओं से प्रभावित होते हैं न कि उसके (नदी) निचले भाग की दशाओं द्वारा। हैक ने अपनी इस अवधारणा के आधार पर हार्डन द्वारा प्रस्तावित नदी के श्रेणीकरण (ordering of streams and stream segments) की योजना की सार्थकता को सत्यापित किया है (हार्डन ने नदी एवं श्रवाह-जाल का श्रेणीकरण नदी के ऊपरी भाग से प्रारम्भ किया है, (देखिये इस पुस्तक का अध्याय 5, 'आकारमिति')। (iii) यदि आधार-तल में अवनयन (आधार-तल का घनात्मक संचलन) होता है तो नदी के नये आधार-तल के पास तीव्र गति से अपरदन होता है तथा इसका प्रभाव बृहद क्षेत्र पर पड़ता है। इस प्रक्रिया (तीव्र अपरदन) के माप ही साथ ढाल एवं शैल प्रतिरोधिता में नया सामंजस्य स्थापित होता है।

#### सिद्धान्त का मूल्यांकन

हैक के इस अवधारणा कि 'अधिकांश स्थलरूप कार्य के लिए सुलभ ऊर्जा तथा जो कार्य (अपरदन) हो रहा है वे मध्य स्थिर गतिक समुतल (uneasy dynamic equilibrium) की दशा में होते हैं' का सत्यापन

नहीं हो पाता है क्योंकि जब प्रादेशिक ऊँचाई (regional elevation) में सतत ह्रास (अतः भ्वाकृतिक परिवर्तन के लिए सुलभ-ऊर्जा में ह्रास) होता जाता है तो कोई भी स्थलरूप 'स्थिर दशा' वाले 'विवृत्त तल' (open system in steady state) का प्रतिनिधित्व नहीं कर सकता।

इसी प्रकार हैक कि अवधारणा कि 'स्थलरूप बदलते पर्यावरण दशाओं का अनुशीलन करते हैं' भी सदिग्ध है। जातव्य है कि पर्यावरण दशाओं में सतत परिवर्तन होता रहता है तथा बहुत कम ही ऐसे स्थलरूप होते हैं जो नयी दशाओं के साथ तात्कालिक समायोजन / अनुशीलन (instantaneous adjustment-adaptation) कर पाते हैं। वास्तव में 'कुछ सीमा तक सभी स्थलरूप अपने विकासीय इतिहास के कैदी होते हैं'— 'to a extent all landforms are prisoners of their own evolutionary history—R. J Rice, 1977, p. 244)। गतिक समुतल सिद्धान्त के कुछ सूत्रवाक्य (precepts) तथा मान्यताएँ मात्र कल्पित विवरण हैं, उनका परीक्षण सम्भव नहीं है। हैक की यह अवधारणा कि वर्तमान समय में कार्यरत प्रक्रमों एवं वर्तमान स्थलरूपों में पूर्ण सम्बन्ध होता है' सदैव चरितार्थ नहीं होती। हैक के सिद्धान्त की सार्थकता (निविष्ट दशाओं) को ब्लूम के निम्न वक्तव्य से प्रदर्शित किया जा सकता है—

'If, however, tectonics and climatic change invalidate the assumption of initial uplift or other constructional process followed by still stand and landscape evolution, then the dynamic equilibrium model, changing only from disequilibrium to equilibrium, is most suitable as a basis for interpreting the present landscape, —Arthur L. Bloom, 1978, pp 303-304)

डेविस, पेंक तथा हैक के प्रतिरूपों की अनुसंधान (Compatibility of Davisian Perckian and Hackian Models)

यद्यपि डेविस, पेंक तथा हैक के भ्वाकृतिक सिद्धान्त एक दूसरे में भिन्न हैं तथापि उनमें कुछ सीमा तक समरूपता अवश्य है। तीनों प्रतिरूपों में स्थलरूपों तथा संरचना एवं शैलियों में समायोजन (adjustment) की उभयनिष्ठ अवधारणा है। इस तरह जहाँ तक



स्थलरूपों के संरचना एवं शैलिकी के साथ सम्बन्धित  
का मन्द है। डेविम, पेक तथा हैक के स्थलाकृतिक  
विकास के भूवास्तविक मॉडल (प्रतिरूप) अनुसूच्य हैं।  
नीचे प्रतिरूपों में निम्न तथ्य उभयनिष्ठ हैं—

- (i) प्रतिरोधी शैल पर उच्च उच्चावच एवं तीव्र  
ढाल वाले स्थलरूपों का निर्माण एवं विकास होता है।
- (ii) पहाड़ी-ढाल के समस्त या उमरे एक भाग में  
समस्थिति होती है यदि पहाड़ी-ढाल की पदरधली पर  
सर्पिल की स्थिति रहती है। (iii) यदि नदी द्वारा  
निम्नवर्ती अपरदन (down cutting) क्षीर गति से होता  
है तो तीव्र ढाल का निर्माण होता है तथा यदि निम्नवर्ती  
अपरदन मन्द गति में होता है तो मन्द ढाल (gentle  
slope) का विकास होता है। (iv) तीव्र निम्नवर्ती  
अपरदन में जनित तीव्र ढाल की परिच्छेदिका मरुतरेखी  
होती है जबकि मन्द/धीमी गति में निम्नवर्ती अपरदन  
द्वारा विकसित ढाल की परिच्छेदिका जलन होती है।  
(v) यदि दीर्घ काल तक पर्यावरणीय स्थिरता (environ-  
mental stability) का विनष्ट अवस्था होता है  
अर्थात् दीर्घकाल तक पर्यावरणीय दबाव समबल होती  
है तो उच्चावच में इस तरह क्रमिक/प्रगामी अवनयन  
(progressive lowering) होता जाना है कि सम्पूर्ण  
प्रदेश पर अत्यन्त निम्न उच्चावच वाली स्थलाकृति का  
विकास हो जाता है।

ज्ञातव्य है कि पेक का भूवास्तविक मॉडल गतिक  
समुत्पन्न माडल में पूर्णरूपण मूल नहीं खाता है। पेक का  
माडल का अनुसार प्रत्येक ढाल-इकाई के निर्माण के समय  
उत्तम समस्थिति होती है— सर्पिल-अपरदन की तीव्रता  
एवं पहाड़ी ढाल का अनाच्छादन (denudation) पेक के  
अनुसार मरुतरेखी-निष्कासन (debris removal) के मध्य  
समस्थिति। इस तरह की विकसित पहाड़ी-ढाल की  
प्रवणता मृदा पर शैल की प्रवेगताओं से सम्भावित  
होती है। इस तरह अपने निर्माण के समय प्रत्येक ढाल-  
इकाई अपने पर्यावरण के शून्य में गतिक समस्थिति में  
होती है। जब इस तरह का निम्न ढाल इकाई के नीचे  
दुमरी नदी ढाल-इकाई का निर्माण होता है तो पहले  
निम्न गति (अब) ऊपर स्थित ढाल-इकाई अवशिष्ट  
ढाल इकाई हो जाती है तथा मातृ निम्न नदीन ढाल-  
इकाई ही गतिक समस्थिति में होती है। इसी तरह जब  
नीच नदीन ढाल इकाई (ढाल-परिच्छेदिका के सबसे  
निचले भाग में) का निर्माण होता है तो पूर्व निम्न

ऊपरी दो ढाल-इकाईयाँ नदी से अलग हो जाती हैं  
एवं अवशिष्ट ढाल-इकाई (relict slope units) हो  
जाती हैं तथा केवल सबसे निचली नदीन ढाल-इकाई ही  
गतिक समस्थिति में होती है। स्पष्ट है कि पेक के  
मॉडल के अनुसार एक पहाड़ी-ढाल परिच्छेदिका में  
अवशिष्ट ढाल-इकाईयों का क्रम होता है तथा प्रत्येक  
ढाल-इकाई अपने निर्माण-काल में गतिक समस्थिति में  
होती है। इस तरह समस्त स्थलाकृति गतिक समस्थिति  
में नहीं होती है, केवल सबसे निचली ढाल-इकाई ही  
गतिक समस्थिति में होती है।

पामक्विस्ट (Robert C. Palmquist) ने प्रति-  
पादित किया है कि पेक के मॉडल में समस्त स्थलाकृति  
की गतिक समस्थिति दो दशाओं में सम्भव हो सकती है।  
प्रथम दशा—जब पहाड़ी-ढाल के अनाच्छादन की दर  
सर्पिल-अपरदन की दर के बराबर होती है एवं प्रत्युत्पन्न  
मरुतरेखी ढाल-इकाई का नदी में जलविभाजक तक  
विस्तार हो जाता है। इस दशा में क्षेत्र विशेष की उंचाई  
घटती है तथा गतिक समस्थिति स्थापित हो जाती है।  
परन्तु ढाल-रूप एवं मापेक्षिक उच्चावच स्थिर रहते हैं।  
द्वितीय दशा—जब दीर्घकालीन विराम के दीर्घकालिक  
अंतराल (prolonged interval of waning  
development) के समय शून्यतम प्रवणता वाले ढाल  
का विस्तार नदी से जलविभाजक तक होता है एवं  
अनाच्छादन समाप्त हो जाता है तो स्थिर समस्थिति की  
दशा (state of static equilibrium) की प्राप्ति होती  
है। इस तरह पेक का मॉडल गतिक समस्थिति के  
मॉडल (हैक) के समकक्ष उस समय होता है जब ढाल  
का समान विकास (uniform development) होता  
है अर्थात् उत्थान एवं अपरदन की दर समान होती है।  
पेक का माडल डेविम के मॉडल के समकक्ष उस समय  
होता है जबकि ढाल का दीर्घकालीन विकास होता है  
अर्थात् जब सर्पिल द्वारा अपरदन-घटती दर में होता है।

पामक्विस्ट ने पुनः ध्यान दिया है कि यदि डेविम  
के माडल में स्थलाकृति का संरचना एवं शैलिकी के साथ  
सम्बन्धित की अवधारणा मान ली जाय तो डेविम के  
मॉडल एवं हैक के गतिक समस्थिति के मॉडल के मध्य  
बड़ी विभिन्नताएँ मंगल हो सकती हैं। दोनों प्रतिरूपों  
(मॉडल) में वैज्ञानिक स्तर पर अनुसूच्यता हो सकती है  
परन्तु प्रायोगिक रूप में नहीं। यदि हैक के माडल में  
गतिक समस्थिति की दशा का स्पष्ट क्षेत्र में स्पष्ट समकक्ष

लिए लिया जाय और डेविम के मांडल के अनुसार स्थल-रूपों के विकास की व्याख्या स्थिर बाह्य दशाओं एवं आन्तरिक दशाओं में वृद्धि परिवर्तन वाले दीर्घकालिक समय अन्तराल के परिधि में की जाय तो दोनों प्रतिरूपों का अन्तर समाप्त हो जाता है। इस तरह डेविम का मांडल गतिक समस्थिति की दशाओं का एक ब्रह्म या अनुक्रम है। समस्थिति की विभिन्न द्रव्य दशाओं का विकास गतिक स्थिराव (equilibrium constant) के समय के साथ क्रमिक परिवर्तन के अनुरूप होता है।

ज्ञातव्य है कि यदि यह मान लिया जाय कि विद्युत तत्व कई विचरो (Variates/variables) का सम्मिश्रण होता है तथा इस तरह का विद्युत तत्व विभिन्न बाह्य विचर के साथ विभिन्न दूरी में इस प्रकार प्रतिक्रिया करता है कि उसका (विद्युत-तत्व) सभी विचरों के साथ एक ही साथ समस्थिति में होना आवश्यक न हो तो डेविम के मांडल का गतिक समस्थिति मांडल के साथ विलय हो जाता है।

राइस (R J Rice) का कथन है कि स्थलरूपों के विकास की व्याख्या में सम्बन्धित समय-रहित (time less, गतिक समस्थिति, विकसल-तत्व) एवं 'समय-निर्भर' की संकल्पना की एक दूरी में जगत् करने का एक तरह में फँस हो गया है। कार्सन एवं किर्कबी (Carson M A. and Kirkby M J 1972) के अनुसार बाँटी भी भूवास्तविक तत्व पूर्णतया सञ्चल (closed) नहीं होता है तथा डेविम का मांडल सञ्चल तत्व है की अवधारणा पूर्णतया सत्य नहीं है। यदि दीर्घकालिक तत्व विवर्तनिक स्थिरता कायम रहती है तो भूवास्तविक तत्व आंशिक रूप में सञ्चल होता है क्योंकि पदार्थों की आपूर्ति रुक जाती है तथा आधार-तल के ऊपर प्रारम्भिक पदार्थों (उत्थान में जनित) की मात्रा निर्धारित एवं स्थिर हो जाती है। इस स्थिति में तत्व का स्वभाव पूर्वकथनीय/पूर्वानुमेय (predictable) हो जाता है अर्थात् उच्चावच में सतत ह्रास होता जाता है। इस तरह के तत्त्व-वर्धित सञ्चल तत्व में भी कुछ विचरों के साथ समस्थिति हो सकती है। वृद्धि का तात्पर्य है कि यह आवश्यक नहीं है कि तत्व के सभी विचरों (जैसा कि विद्युत तत्व के विषय में लोगों की अवधारणा है) में एक साथ पूर्ण समस्थिति हो।

दोनों प्रतिरूपों में स्थलरूप एवं जीविकी के बीच समायोजन सम्बन्धी निम्न तथ्य उद्घोषित किए जा सकते हैं—यद्यपि 'ड्रेविम' में स्थलरूपों का जीविकी के साथ

समायोजन के मांडल का निर्माण नहीं किया है तथापि उनके लेखों में इस तरह के समायोजन का पर्याप्त विवरण मिलता है। डेविम की मौलिक संकल्पना 'स्थला-कृति संरचना, प्रक्रम एवं समय का प्रतिफल होती है' (Landscape is a function of structure, process and time) में स्थलरूपों के विकास में संरचना का प्रभाव परिलक्षित होता है। स्थलरूप-संरचना की समायोजना की संकल्पना का डेविम के लेखों में प्रचारांतर में एक महत्त्व की जा सकती है। प्रांठ स्थला-कृति में प्रमुख लक्षणों संरचनात्मक/भौतिकी की कमजोर दिशा (lines of structural/lithologic weakness) का अनुसरण करती है। जलविभाजकों की स्थिति प्रति-रोधी जैन के सहज होती है। प्रवणित नदी का दाल जल निमज्जन (water discharge) एवं बोझ (load) के आयतन तथा घटन में समायोजित होता है यद्यपि जल-विमज्जन तथा बोझ का प्रभाव बोझ के घटन में अधिक होता है। पहाड़ी-दाल उमके (दान) आधार पर स्थित मरिता के सम्बंध में प्रवणित होता है परन्तु दाल की प्रवणता मिट्टी की स्थूलता (coarseness) में प्रभावित होती है। यदि किसी प्रदेश में कई मरिताएँ प्रवणित अवस्था में हैं (उनकी विकासीय अवस्था एवं आयतन समान हैं) तो भी उनकी प्रवणता में अंतर हो सकता है तथा एक बेसिन का उच्चावच दूरी में भी भिन्न हो सकता है और यह भिन्नता जैन की प्रतिरोधिता में भिन्नता के कारण होती है।

स्थलरूप-संरचना के समायोजन की संरचना एक ही मांडल में और अधिक मिलती है। विभिन्न स्वभाव वाली जैनो में समायोजित एवं यादिक विभाग के लिए प्रति रोधिता की मात्रा भिन्न-भिन्न होती है। अधिक प्रतिरोधी जैन के कारण दाल परिकटोदिका में विभग (breaks) बन जाते हैं जो संरचनात्मक आधार-तल होन है अधिक प्रतिरोधी जैन वाली दाल-उकाई के ऊपर मदा दान का उत्तर विभग 'convex break' होता है तथा उमके (प्रतिरोधी जैन सीमा) नीचे अवतर विभग (concave break) होता है। जैसा-जैसा प्रतिरोधी जैन वाली दाल-उकाई का अवतरण होता है उस दाल-उकाई के ऊपर स्थित दाल-उकाई चपटी होती जाती है तथा दाल-प्रवणता घटती जाती है। जैन के स्वभाव में जितना ही अधिक अंतर होता है उतना ही अधिक अंतर दाल-प्रवणता में होता है। अर्थात् यदि जैन दगावे समान

हो तो अधिक प्रतिरोधी शैल पर तब प्रवणता वाली दान-इकाई का निर्माण होता है तथा उसका निवर्तन कम होता है। इस स्थिति में घाटी सकरी एवं तंग होती है तथा सापेक्षिक ऊँचाई अधिक होती है। इसके विपरीत कम प्रतिरोधी शैल पर मन्द प्रवणता वाली दान-इकाई विकसित होती है, घाटी चौड़ी होती है एवं सापेक्षिक ऊँचाई कम होती है।

हैक ने डेविस तथा पेंक की तुलना में स्थलरूप-संरचना समायोजन के मॉडल का विकास सफल एवं विशद रूप में किया है। हैक के अनुसार स्थलाकृतिक रूप एवं प्रक्रम, शैल में विभिन्नता एवं उसपर क्रियाशील प्रक्रमों से पूर्णतया सम्बन्धित होते हैं। हैक ने शेननडोह घाटी में इस तरह के स्थलरूप-संरचना समायोजन के निम्न प्रमाण तथा उदाहरण प्रस्तुत किये हैं (Hack, J T, 1975) —

(i) प्रवाह-वेगिन की विशिष्ट ज्यामिति शैल प्रकार, शैल के अनावरण की दशा एवं अन्य पर्यावरण दशाओं से निकट में सम्बन्धित है। हैक ने ज्यामिति के अन्तर्गत गर्त के आकार एवं रूप, घाटी का घनत्व, कटक-शीर्ष की वक्रता (curvature of ridgetops) तथा जलमार्ग-ढाल को सम्मिलित किया है।

(ii) प्रमुख स्थलाकृतिक रूप जैसे वृहत् पर्वतीय कटक भू-गर्भिक संरचना से निकट में सम्बन्धित है।

(iii) प्रमुख नदियों ने प्रतिरोधी शैलों को बचाकर अपन मार्ग तथा घाटी का निर्माण किया है। अर्थात् प्रमुख नदियाँ कमजोर शैलों से होकर प्रवाहित होती हैं।

(iv) शेननडोह नदी की अनुदृश्य परिच्छेदिका तथा पहाड़ियों की गगनगम्य ऊँचाई संरचना एवं शैलिकी में सम्बन्धित है।

(v) शेननडोह घाटी के निचले तल पर स्थित ढीले (unconsolidated) अवशिष्ट पदार्थों की मोटाई उनके नीचे स्थित शैल से निर्धारित हुई है।

(vi) दजरी युक्त वेदिकाओं (gravel terraces) तथा घाटी के निम्नस्तरों के मलवा बतान (aprons) का वितरण वृहत् प्रवाह बेसिन में प्रतिरोधी शैलों के सन्दर्भ में हुआ है। इस तरह हैक का दावा है कि शेननडोह घाटी में स्थलाकृतिक रूप एवं उनकी विशेषताएँ उस क्षेत्र में भू-गर्भिक संरचना एवं विभिन्न भौतिक एवं रासायनिक गुणों वाली शैलों के वितरण के ऊपर

आधारित है जहाँ उनमें पूर्णरूपेण प्रभावित एवं नियंत्रित है।

इस प्रकार स्पष्ट है कि जहाँ तक स्थलरूपों का संरचना एवं शैलिकी के साथ समायोजन का सम्बन्ध है, डेविस, पेंक तथा हैक के स्थलरूपों के विकास में सम्बन्धित मॉडल अनुरूप हैं यद्यपि अन्य पहलुओं में इनमें पर्याप्त अन्तर है।

### 6 पामक्विस्ट का संमिश्र मॉडल (Composite Model of Robert C Palmquist)

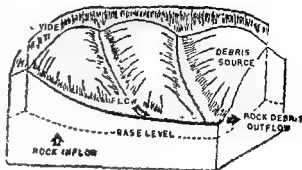
पामक्विस्ट ने डेविस, पेंक तथा हैक के स्थलरूपों के विकास में सम्बन्धित प्रतिरूपों को एक दूसरे के साथ विलय करके एक समिश्र/संयुक्त प्रतिरूप के निर्माण का प्रयास किया है। पामक्विस्ट के अनुसार मात्र दो मान्यताओं (premises) के आधार पर 'स्थलरूप विकास' एवं 'गतिक समस्थिति' प्रतिरूपों के लिए उभयनिष्ठ सन्दर्भ तंत्र (reference system) विकसित किया जा सकता है —

(i) स्वाकृतिक तंत्र बहुविचर विवृत तंत्र (multivariate open system) होता है जो स्थिर समस्थिति की दशा की ओर उन्मुख होता है। (ii) आधार तंत्र के ऊपर स्थित शैल-राशि बाह्य विचर (external variable) होती है जिसके सन्दर्भ में तंत्र सदा असमस्थिति (disequilibrium) में होता है। प्रथम मान्यता से तंत्र के सम्बन्ध में निम्न कल्पनाएँ की जा सकती हैं — (i) तंत्र के आन्तरिक रूप (स्थलरूपों के आकार) तथा प्रक्रम बाह्य कारकों (पटलविरूपण, जलवायु आदि) से नियंत्रित होते हैं। (ii) प्रत्येक आन्तरिक विचर असमस्थितिक दशाओं के प्रति विशिष्ट प्रतिक्रिया करता है। (iii) प्रत्येक आन्तरिक विचर समस्थिति की प्राप्ति की ओर अग्रसर होगा। विचर के समस्थिति की प्राप्ति की दर उसके (विचर) समस्थिति के मान से दूरी के समानुपातिक होगी। (iv) तंत्र में अधिकांश आन्तरिक विचर बाह्य विचरों में होने वाले योग्य परिमाण वाले मन्द परिवर्तनों के सन्दर्भ में समस्थिति दशा के करीब होंगे तथा तंत्र में अवशिष्ट आकृतियाँ कम ही होंगी। इसी तरह कई आन्तरिक विचर बाह्य विचरों में होने वाले वृहत् परिमाण वाले क्षीय परिवर्तनों के सन्दर्भ में असमस्थिति की दशा में होंगे तथा तंत्र में अवशिष्ट आकृतियाँ (relict features) बहुतायत में होती हैं। अर्थात् यदि तंत्र के बाह्य विचरों में परिवर्तन मन्द गति से होते हैं तो इन विचरों में सन्दर्भ में तंत्र के अधिकांश आन्तरिक विचर

(स्थलाकृति आकृतियाँ) समस्थिति में होते हैं। ऐसी दशा में अवशिष्ट (प्राचीन) स्थलाकृतिक आकृतियाँ नाम मात्र की ही होती हैं। परन्तु जब तब के बाह्य विचरो (उत्थान, अवतलन, जलवायु आदि) में परिवर्तन तीव्र गति से होता है तो उनके मन्दर्भ में बड़ी आन्तरिक विचर समस्थिति में नहीं होंगे। ऐसी स्थिति में अधिकांश अवशिष्ट स्थलाकृतिक आकृतियाँ सुरक्षित रहेंगी।

शैल का जितना भाग आधार तल के ऊपर होता है वह असमस्थिति की दशा उत्पन्न करता है। यह असमस्थिति स्थितिज उर्जा तथा पदार्थों के निस्सरण (material flux) के मन्दर्भ में होती है। पामक्विस्ट ने आधार-तल की प्रचलित अवधारणा को ही अपनाया है। उदाहरण के लिए आधार-तल सागर-तल के मन्दर्भ में स्थल के नीचे ऊपर की ओर झुक उठता जाना है कि ऐसी सतह (स्थल की) की स्थिति होती है कि उसके भाग में इतनी प्रवणता होती है कि नदी मलवा का परिवहन कर सके। इसी तरह जलविभाजकों के नीचे भी आधार-तल नदी-तल में जलविभाजकों की ओर इतना उठता जाना है कि उनकी इतनी प्रवणता होती है कि ढाल पर क्रियाशील प्रक्रम मलवा का नीचे की ओर स्थानान्तरण कर सके। आधार-तल पर स्थलखण्ड की स्थितिज ऊर्जा (potential energy) गतिज ऊर्जा (kinetic energy) में नहीं बदल पाती है, अतः अपरदन नहीं हो पाता है। इसके विपरीत आधार-तल के ऊपर स्थित शैल राशि की स्थितिज ऊर्जा गतिज ऊर्जा में परिवर्तनीय होती है तथा अपरदन होता है। स्पष्ट है कि यदि आधार-तल में ऊपर स्थित शैल राशि का अपरदन होता है तो उच्चावच्च में अवतलन की स्थिर प्रवृत्ति होती है, अर्थात् उच्चावच्च में लगातार अवतलन/न्यूनीकरण होता रहता है। पामक्विस्ट ने प्रवाह-वेगिन की एक विवृत तल के रूप में लिया है जिसकी बाहरी सीमा जलविभाजकों की ऊँचाई, तली की सीमा आधार-तल द्वारा तथा ऊपरी सीमा स्थलखण्ड की सतह द्वारा निर्धारित होती है। इस तरह के तल से पदार्थों एवं ऊर्जा का गमन होता है। पामक्विस्ट ने प्रवाह-वेगिन में चट्टानी पदार्थों के निस्सरण (flux) का ही उदाहरण लिया है, जल, हिम, वायु, धूल आदि को नजरअन्दाज कर दिया है। प्रवाह-वेगिन में शैल-पदार्थों का प्रवेश (अन्तःप्रवाह, inflow) पटलविरूपणी उत्थान के माध्यम से ही होता है। शैल-मलवा (अनाच्छादन में प्राप्त) का निष्कासन

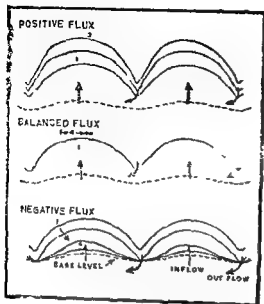
(बाह्य प्रवाह, out flow) जलीय अपरदन तथा परिवहन द्वारा प्रवाह-वेगिन के मुहाने से बाहर की ओर होता है (चित्र 3)।



चित्र 3—विवृत तल के मन्दर्भ में प्रवाह-वेगिन के उदाहरण (पामक्विस्ट)।

यदि प्रवाह-वेगिन में इस तरह की गतिक समस्थिति की दशा होनी हो कि प्रवाह-वेगिन की ज्यामिति स्थिर बनी रहे तो अन्तःप्रवाह की बाह्य-प्रवाह के बराबर होना चाहिए। अर्थात् उत्थान होने से आधार-तल के ऊपर जितनी शैल-राशि में वृद्धि होती है उतनी ही मात्रा में शैल-राशि का अपरदन हो तथा अपरदन में प्राप्त मलवा का बेगिन से निष्कासन हो जाय। यदि वह पदार्थ—निस्सरण (material flux, पदार्थों का अन्तः एवं बाह्य प्रवाह) सन्तुलित रहता है तो तब गतिक समस्थिति में होता है एवं स्थलाकृतिक आकार में अन्तर नहीं होता है, बरन् के स्थिर रहते हैं। जब कभी भी इस पदार्थ-निस्सरण में असन्तुलन होता है, बेगिन के उच्चावच्च में परिवर्तन होने लगता है तथा स्थलाकृतिक आकारों में भी परिवर्तन होता है। इस प्रकार स्पष्ट है कि प्रवाह-वेगिन की पदार्थ बजट स्थलरूपों के विकास को नियंत्रित करती है। यदि यह बजट धनात्मक होती है अर्थात् पटलविरूपणी बलों द्वारा स्थलखण्ड में उत्थान द्वारा पदार्थों का अन्तःप्रवाह पदार्थों के बाह्य-प्रवाह में अधिक होता है तो स्थितिज ऊर्जा बढ़ती जाती है जिस कारण नदी द्वारा अधिक अपरदन होता है तथा परिणाम स्वरूप उच्चावच्च एवं ढाल-प्रवणता में वृद्धि होती है। यदि यह बजट ऋणात्मक होती है अर्थात् पदार्थों के अन्तःप्रवाह से पदार्थों का बाह्य प्रवाह अधिक होता है तो स्थितिज ऊर्जा कम हो जाती है, नदी द्वारा अधिक अपरदन (incision) स्थिति हो जाता है, उच्चावच्च एवं ढाल-प्रवणता कम होती जाती है। इन तीन स्थितियों

(ब्रम्श धनात्मक बजट, सतुलित बजट एवं ऋणात्मक बजट) को चित्र 4 में प्रदर्शित किया गया है।



चित्र 4—एक प्रवाह-वेसिन में विभिन्न मकल (mass) बजट के अन्तर्गत उच्चावच एवं आकार में परिवर्तन का काल्पनिक पाथर्न (पामस्विस्ट)।

पामस्विस्ट ने दावा किया है इस तरह के समिश्र मॉडल की मौलिक मान्यताएँ डेविस, पैक तथा हूक के प्रतिसर्पो के सन्दर्भ तत्वों की आधारभूत मान्यताओं का प्रतिनिधित्व करती हैं। यथा—‘भूआकृतिक’ तत्व की विवृत तत्व के रूप में मान्यता है कि मॉडल के सन्दर्भ तत्व की सभी मान्यताओं एवं डेविस तथा पैक की कई मान्यताओं को सम्मिलित कर लेती है। आधार-तल के ऊपर स्थित शैल-राशि द्वारा असमस्थिति की दशा का उद्भव तथा उन कारण स्थलरूपों में सतत परिवर्तन की मान्यता डेविस द्वारा प्रस्तावित स्थलरूपों के विकास की मान्यता को प्रदर्शित करती है तथा पैक की इस मान्यता, कि सरिता-अपरदन की तीव्रता नदी-तल के ऊपर स्थित ढाल की प्रवणता को निर्धारित करती है, का समावेश भी इस समिश्र मॉडल में हो जाता है। ‘विभिन्न आन्तरिक विचरों के समायोजन (बाह्य विचरों के साथ) की दर समान नहीं होती है’ की मान्यता से विभिन्न समय तक अयश्विष्ट स्थलरूपों के परिदृश्य/संरक्षण (preservation) की मान्यता भी इस समिश्र मॉडल में समाविष्ट हो जाती है।

तब सन्दर्भ के अन्तर्गत भी डेविस के मॉडल (आदर्श चक्र) के समान ही स्थलरूपों के विकास से सम्बन्धित ‘विकासीय योजना’ (evolutionary scheme) की रचना की जा सकती है, यदि त्वरित उत्थान के बाद दीर्घकाल तक पटलविरूपणी एवं जलवायु की स्थिरता (अर्थात् उत्थान रहित, धरातल एवं समस्त जलवायु की दशा) की कल्पना कर ली जाय। हूक ने भी इस दशा में स्थलरूपों के विकास (स्थलरूपों में सतत अवनयन) के मॉडल की रचना की है। इस तरह पामस्विस्ट के समिश्र मॉडल के तहत कल्पित असमस्थिति की दशाओं (बाह्य एवं आन्तरिक विचरों के मध्य असमस्थिति) में विकसित होने वाले स्थलरूपों के आकार तब में क्रियाशील प्रक्रमों तथा शैल की विशेषताओं के प्रतिकूल होते हैं। स्थलरूपों में जलवायु का महत्त्व उस सीमा तक होता है जहाँ तक वह विभिन्न बहिर्जात प्रक्रमों की प्रभाविता (effectiveness) को एवं तब की कुल बजट (mass budget) को प्रभावित करता है। इस प्रकार स्पष्ट है कि कुछ दशाओं में स्थलरूपों का आकारों में समस्थिति होती (जब कि बाह्य एवं आन्तरिक विचरों में समस्थिति होती है) और कुछ दशाओं में (विवर्तनिक एवं जलवायु की स्थिरता) में स्थलरूपों में क्रमिक परिवर्तन भी होता है (डेविस के मॉडल के अन्तर्गत)।

### 7 विवर्तन-भूआकृतिक मॉडल (मेरी मोरिसावा, 1975) (Tectono Geomorphic Models)

प्लेट-विवर्तनिक (plate tectonics) के सन्दर्भ में कई भू-आकृतिविज्ञानवेत्ताओं ने भूतल के स्थलाकृतिक आकारों एवं उनकी विशेषताओं की व्याख्या का प्रयास किया है। इन सन्दर्भ में मेरी मोरिसावा (Marie Morisawa) का ‘विवर्तन-भूआकृतिक मॉडल’ उल्लेखनीय है। मोरिसावा (1975, 1980) की निम्न मान्यताएँ हैं—

(i) स्थलरूप बल की असमानता (inequality of force) या प्रतिरोधिता की असमानता (inequality of resistance) या दोनों स्थितियों के प्रतिकूल होते हैं। भूतल के विभिन्न पदार्थों (विभिन्न शैल) पर क्रियाशील बहिर्जात एवं अन्तर्जात प्रक्रमों के कार्य-दरों में असमानता के कारण स्थलरूपों में विषमता होती है।

(ii) प्रवृत्ति, बल तथा प्रतिरोधिता की समस्थिति की प्राप्ति का प्रयास करती है परन्तु यह स्थिति सदा सम्भव नहीं हो पाती है क्योंकि पृथ्वी गतिशील है। अर्थात् दीर्घकालीन स्थिरता नहीं हो पाती है। इस प्रकार भूतल में सदा परिवर्तन होता रहता है। अतः

स्थिर समस्थिति (static equilibrium) न होकर समस्थिति की प्रवृत्ति होती है। गतिमान पृथ्वी तब (dynamic earth system) का महत्वपूर्ण तथ्य 'संतुलन सम्बन्धी प्रतिपुष्टि' (isostatic feed-back) होता है। इस 'संतुलन प्रतिपुष्टि' द्वारा उत्थान और अपरदन, निक्षेपण और अवतलन की दरें प्रभावित होती हैं। भूतल पर वर्तमान समय में दृश्य स्थलरूप अन्तर्जात एवं बहिर्जात प्रक्रमों की क्रियाशीलता के अनुपात में अन्तर के प्रतिफल हैं। यह अनुपात एक समय से दूसरे समय एवं एक स्थान से दूसरे स्थान में बदलती रहती है। परिणामस्वरूप स्थलरूपों में कालिक एवं स्थानिक अन्तर होते हैं। इस तरह स्थलरूप मिश्र (composite) एवं जटिल (complex) होते हैं। परिणामस्वरूप उनकी उत्पत्ति तथा विकास की जानकारी प्राप्त करना कठिन हो जाता है।

(iii) प्लेट विवर्तनिकी के आधार पर पृथ्वी की कुछ स्थलाकृतिक आकृतियों की व्याख्या की जा सकती है।

(iv) जब नये स्थल का निर्माण होता है या उसमें उत्थान होता है तो उसमें बहिर्जात प्रक्रमों द्वारा शोध रूप परिवर्तन होता है। रूप-परिवर्तन की दर वन तथा प्रतिरोधिता पर आधारित होती है।

मोरिसावा ने विभिन्न क्षेत्रों में किये गये भूवास्तविक शोध कार्यों के परिणामों (विभिन्न विद्वानों द्वारा) के आधार पर यह निष्कर्ष निकाला है कि उत्थान से जनित उच्च भाग पर अपरदन तीव्र गति से होता है क्योंकि ऊँचाई के कारण अपरदन के लिए प्रेरक स्थितिज ऊर्जा (potential energy) अधिक होती है। इन्होंने पथ्य अक्षाणों में सरिताओं द्वारा होने वाले अपरदन से सम्बन्धित अहर्नर्ट (Ahner F, 1970) द्वारा प्राप्त किये गये परिणामों को उद्धृत करते हुए बताया है कि अनाच्छादन की दर एवं बेसिन उच्चावच्च में सीधा (धनात्मक) सह-सम्बन्ध होता है, अनाच्छादन की दरों में जो विभिन्नताएँ होती हैं उनका 96% बेसिन के औसत उच्चावच्च के कारण है। इसी प्रकार पपुआ में ज्वालामुखियों के अपरदन के सम्बन्ध में रक्सटन एवं मैकडोगल (Ruxton, B P. तथा McDougall, I, 1967) द्वारा किये गये अध्ययन के अनुसार 760 मीटर ऊँचाई वाले भाग पर अनाच्छादन की दर 75 सेमी० प्रति हजार वर्ष एवं 60 मीटर ऊँचाई वाले भाग पर 8 सेमी० प्रति

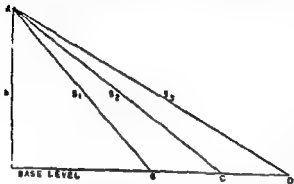
हजार वर्ष है। इसी तरह योशिकावा (Yoshikawa T., 1974) के अनुसार जापान में अनाच्छादन की दर उत्थान की दर में सम्बन्धित है। इन्होंने बताया है कि बवाटरनरी यूपीन अधिकतम उत्थान के कारण अनाच्छादन की दर अधिक हुई है परन्तु अधिकांश प्रवाह-बेसिनों में उत्थान की दर अनाच्छादन की दर में अधिन रही है। इन्होंने पुनः बताया है कि जापान के उच्चस्थ पर्वतीय क्षेत्रों में अनाच्छादन की दर विवर्तनिक उत्थान की दर में अधिक है। योशिकावा के अनुसार अनाच्छादन की वर्तमान दर 0.840 मीटर प्रति हजार वर्ष है जो वर्तमान समय में उत्थान की औसत दर (0.863 मीटर प्रति हजार वर्ष) के लगभग समान है। इसी तरह आइज़क (Isacks, B तथा अन्य, 1973) ने हिमालय के औसत उत्थान की 0.3 मिलीमीटर प्रति हजार वर्ष की दर का आकलन किया है जो कि दक्षिणी एशिया की नदियों द्वारा होने वाले अपरदन से सम्बन्धित होल्मैन (Holmes J N, 1968) द्वारा आकलित अपरदन की दर (0.3 मिलीमीटर प्रति हजार वर्ष) के समान है (ज्ञातव्य है कि यह आकलन उन नदियों से सम्बन्धित है जो हिमालय से प्रवाहित होती हैं)। इन उद्धरणों के आधार पर मोरिसावा ने यह प्रतिपादित किया है कि उत्थान की दर एवं अपरदन की दर में सीधा सम्बन्ध होता है।

मोरिसावा के मॉडल की प्रमुख मान्यता यह है कि स्थलरूप एवं उनके विकास में जो विभिन्नता होती है वह बल या प्रतिरोधिता में असमानता के कारण होती है। इन्होंने इस अवधारणा की व्याख्या आरेख द्वारा की है (चित्र 5)।



चित्र 5—दो विभिन्न ऊँचाईयों वाली दो सरिताओं की स्थितिज ऊर्जा में अन्तर का प्रदर्शन। यद्यपि दोनों का आधार-तल एक ही है तो भी सुलभ ऊर्जा में अन्तर होता है (मोरिसावा)।

यदि किसी क्षेत्र में दो ऐसी नदियाँ हैं जिनका आधार तल तो समान है परन्तु उनकी ऊँचाईयाँ भिन्न हैं (चित्र 5 में  $S_1$  सरिता की ऊँचाई  $S_2$  सरिता की आधी है) तो दोनों की स्थितिज ऊर्जा (potential energy) में अन्तर होगा। पुन मोरिसावा ने तीन ऐसी नदी-परिच्छेदिकाओं का उदाहरण लिया है जिनकी ऊँचाईयाँ एवं आधार-तल समान हैं परन्तु उनके ढाल में अन्तर है। इन तीनों सरिताओं का जल विसर्जन (water discharge) भी समान है। ऐसी स्थिति में तीनों दशाओं (चित्र 6 में  $S_1$ ,  $S_2$  तथा  $S_3$  सरितायें)



चित्र 6—प्रवाह-वेग में गतिज ऊर्जा में अन्तर का प्रदर्शन जब कि विभिन्न नदियों की ऊँचाई, उच्चावच्च तथा आधार-तल समान है, परन्तु ढाल-प्रवणता में अन्तर है (मोरिसावा)।

में स्थितिज ऊर्जा समान है तथा उनकी गतिज ऊर्जा (kinetic energy) में परिवर्तन भी बराबर है परन्तु कार्य के लिए सुनभ अन्तिम गतिज ऊर्जा अलग-अलग होगी क्योंकि कार्य (अपरदन एवं परिवर्तन) के लिए प्राप्य गतिज ऊर्जा, ऊर्जा व्ययकरण (गतिज में गतिज में) के समथ तल की गई दूरी या लम्बाई (जलमार्ग की लम्बाई) पर आधारित होती है। मन्द ढाल पर यह दूरी या लम्बाई अधिक होती है (चित्र 6 में  $S_3$  सरिता की लम्बाई A D) जबकि तीव्र ढाल पर यह लम्बाई (चित्र 6,  $S_1$  नदी की A B लम्बाई) कम होती है। यह लम्बाई जितनी ही अधिक होगी उस पर अपरदन एवं परिवर्तन के लिए प्राप्य गतिज ऊर्जा उतनी ही कम होगी क्योंकि अधिक दूरी या लम्बाई के कारण गतिज ऊर्जा में (मार्ग की प्रतिरोधिता के कारण रगड़ से) क्षति भी अधिक होती है। इस तरह  $S_1$  सरिता के अपरदनात्मक एवं परिवर्तनात्मक कार्य के लिए प्राप्य कुल गतिज ऊर्जा सर्वाधिक है जबकि  $S_3$  सरिता में न्यूनतम है (तीनों

सरिताओं के तुलनात्मक रूप में)। स्पष्ट है कि समान ऊँचाई, समान आधार तल एवं समान जल विसर्जन के होने पर भी असमान ढाल के कारण बल में असमानता है। इसी तरह यदि ऊँचाई एवं ढाल बराबर हो परन्तु जल विसर्जन में भिन्नता हो तो भी गतिज ऊर्जा में विभिन्नता होगी क्योंकि गतिज ऊर्जा  $= 1/2 M V^2$  ( $M$  = Mass यहाँ पर विसर्जन तथा,  $V$  = Velocity, प्रवाह वेग)। इस दशा में ऊँचाई, ढाल एवं उच्चावच्च के समान होने पर भी बलों में असमानता होती है।

स्थितिज ऊर्जा  $= M \times G \times H$ ,  
 $M$  = Mass,  $G$  = gravity एवं  $H$  = height

इस प्रकार जनित असमान बल या समान बलों के लिए असमान प्रतिरोधिता के कारण अनाच्छादन की दरों में विभिन्नता होती है। अर्थात् यदि सरिताओं में ऊँचाई, आधार तल एवं जल विसर्जन समान हैं परन्तु ढाल में अन्तर है तो मन्द ढाल वाली सरिता में यात्रा दूरी अधिक होने से अधिक समय तक (लम्बी दूरी के कारण) प्रतिरोधिता के कारण गतिज ऊर्जा कम हो जायेगी। परिणामस्वरूप अपरदन की दर भी कम होगी। तीव्र ढाल वाली सरिता में यात्रा-दूरी कम होने में प्रतिरोधिता द्वारा बल में हास कम होगा, गतिज ऊर्जा अपेक्षाकृत अधिक होगी, परिणामस्वरूप अपरदन की दर अधिक होगी। इस प्रकार मोरिसावा द्वारा कल्पित मॉडल को उन्ही के शब्दों में उद्धृत किया जा रहा है—

‘That unequal forces or unequal resistance to the same force will result in different rates of denudation Unequal forces at work, or unequal resistance to the same force results in individuality and variety of landforms.’—Marie Morisawa, 1975, 1980.

मोरिसावा ने विवर्तनिक बल एवं अनाच्छादन बल के मध्य सम्बन्ध स्थापित किया है। जब विवर्तनिक बल तथा अनाच्छादन बल समान होते हैं तब समस्थिति होती है परन्तु जब विवर्तनिक बल अनाच्छादन बल में अधिक या कम होता है तो असमस्थिति होती है। इन्होंने पुन बताया है कि असमस्थिति की दशा अस्थायी होती है क्योंकि इन दो परस्पर विरोधी बलों (विवर्तनिक एवं अनाच्छादन बल) में समस्थिति की यात्रा प्रवृत्ति होती है। यदि उत्थान त्वरित गति में होता है, अनाच्छादन उस दर में नहीं हो पाता है तो उच्चावच्च में तेजी में वृद्धि होती है। इस तरह बढ़ता हुआ उच्चावच्च (growing reliefs) के कारण अनाच्छादन

बल में तब तक वृद्धि होती जाती है जब तक अनाच्छादन एवं विवर्तनिक बल बराबर न हो जायें (अर्थात् उत्थान एवं अपरदन बराबर हो जायें)। इनके विपरीत यदि अनाच्छादनात्मक बल विवर्तनिक बल से अधिक है तो उच्चावच एवं ऊर्जा में ह्रास होने के कारण स्थल का विनाश धीरे-धीरे मन्द पड़ता जायेगा और अन्ततः अनाच्छादन एवं विवर्तन (उत्थान) में समस्थिति हो जायेगी।

मोरिसावा ने पुनः स्पष्ट किया है कि उपर्युक्त समस्थिति की दशा मात्र उसी समय हो सकती है जब विवर्तन में ह्रास तथा अनाच्छादन द्वारा निम्नीकरण में वृद्धि हो अथवा विवर्तन में वृद्धि एवं निम्नीकरण में ह्रास हो। स्पष्ट है कि समस्थिति की दशा स्थायी नहीं हो सकती। जब उत्थान होता है तो अपरदन द्वारा स्थलखण्ड में अवनयन होता है तथा अपरदन से प्राप्त मलबा का निम्न क्षेत्रों में निक्षेपण होता है। इस प्रक्रिया द्वारा धनात्मक प्रतिपुष्टि (positive feed back) होती है। अर्थात् निम्नीकरण (अपरदन द्वारा) एवं अनिवृद्धि (निक्षेप द्वारा) के दौरान संतुलन मध्यस्थी पुनर्ममायोजन (readjustment) होता है। परिणाम-स्वरूप जिस स्थलखण्ड का अनाच्छादन द्वारा अवनयन होना है उसमें उभार होता है एवं निक्षेपण-क्षेत्र में अवतनन होता जाता है। इस तरह का संतुलन मध्यस्थी पुनर्समायोजन तत्कालिक हो सकता है या देर से/यदि पुनर्समायोजन में समय-गिनितता (time-lag) होती है अर्थात् उत्थान के साथ ही संतुलन प्रतिपुष्टि प्रारम्भ न होकर देर में होती है तो अपरदन में नवीनीकरण होता रहता है। परिणामस्वरूप स्थलखण्ड में सविराम उपरिमुखी संचलन (intermittent upward movement) होने से विभिन्न ऊँचाईयों पर अपरदन तलों (erosion-levels) का निर्माण होता है। इस तरह की स्थिति में डेविस के मॉडल का स्थापन होता है। सतत संतुलन की प्रतिपुष्टि (continuous isostatic feed-back) की स्थिति से बैंक के मॉडल को समर्थन मिलता है (उत्थान एवं अनाच्छादन की दूरी में सतत परिवर्तन)। मोरिसावा का दावा है कि किसी भी प्रदेश के भूाकृतिक इतिहास में इन दोनों प्रतिरूपों (मॉडल) की सम्भावना रहती है।

उपर्युक्त अवधारणा पर मोरिसावा ने प्रतिपादित किया है कि जब विभिन्न प्रतिरोधिता वाली जलो पर अपरदनात्मक बल कार्य करते हैं तो कार्य (अपरदन)

एवं आकार (स्थलाकृतिक रूप) में सम्बन्धित अस्थायी असमस्थिति की दशाएँ होती हैं। परन्तु बल एवं प्रतिरोधिता के परिवर्तन में समस्थिति (आकार की समस्थिति) की स्थापना की प्रवृत्ति होती है। यथा- कोई भी गरिमा उत्पन्न दान की प्राप्ति करने का प्रयास करता है कि अपरदन से प्राप्त पदार्थों का परिवहन करने के लिए वांछित ऊर्जा प्राप्त हो जाय। अर्थात् जब भूपटलीय पदार्थ प्रतिरोधी होते हैं तो अस्थायी रूप में ऊर्जा में वृद्धि होती है। ऊर्जा में इस वृद्धि के कारण बल में वृद्धि होती है ताकि वह (बल) उच्च प्रतिरोधिता के बराबर हो जाय। इसके विपरीत जब भूपटलीय पदार्थों में कम प्रतिरोधिता होती है तो ऊर्जा में भीमत्ता में कमी आती है ताकि वह निम्न प्रतिरोधिता के बराबर हो जाती है।

मोरिसावा ने प्लेट-विवर्तनिकी के सिद्धान्त के आधार पर भूपटल के स्थलरूपों के उद्भव एवं विकास की व्याख्या करने का प्रयास किया है। 'रचनात्मक प्लेट किनारों (constructive plate margins) पर खण्ड भ्रंशन (block faulting) एवं बेसास्टिक प्रवाह होता है। जो नदियाँ भ्रग खण्ड (fault block) के उचित किनारों के आर-पार प्रवाहित होती हैं वे निम्नवर्ती अपरदन द्वारा अपनी घाटी को गहरा करती हैं तथा गहरे गार्ज का निर्माण होता है। जैसे-जैसे अपरदन होता जाता है, प्रवाह-प्रणाली में व्युत्क्रम (reversal), सरिता-अपहरण एवं जल-द्वार (water gaps) आदि भूाकृतिक क्रियाएँ होती हैं एवं विविध आकृतियाँ निर्मित होती हैं। विनाशात्मक प्लेट किनारों (destructive plate margins) के सहारे एक प्लेट के अप्रमाण (अपेक्षाकृत भारी घनत्व वाले) के दूसरे प्लेट (अपेक्षाकृत कम घनत्व वाले) के नीचे श्लेषण (subduction) होने से पर्वतीय श्रेणियाँ निर्मित होती हैं। इस तरह उत्थित भाग पर नदियाँ तीव्रता से निम्नवर्ती अपरदन (यदि ऊर्जा में वृद्धि के कारण) करती हैं, उच्च तलीय वेदिकाएँ तथा गहरे गार्ज तथा कंठियन निर्मित होते हैं। लगातार उत्थान के कारण नदी-वेदिकाओं के रूप विकृत हो जाते हैं तथा नदी की अनुदैर्घ्य परिच्छेदिकाओं में निकष्याङ्क बन जाते हैं। यदि उत्थान की प्रक्रिया जारी रहती है तो सोपानाकार आकृतियाँ (जैसे वेदिकाओं, सोपान (benches) तथा निकष्याङ्क की शृंखलाएँ) बन जाती हैं। इस तरह मोरिसावा ने बताया है कि नूतन व्यापक विवर्तनिक घटनाओं के माध्यम से

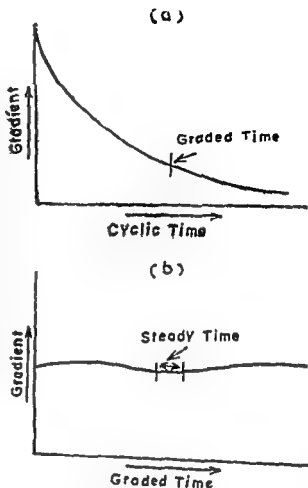


भूतल के कुछ सामान्य स्थलाकृतिक आकृतियों की व्याख्या की जा सकती है।

### 3 शूम का खण्डकालिक अपरदन सिद्धान्त (Episodic Erosion Theory)

शूम का खण्डकालिक अपरदन मॉडल वास्तव में भ्वाकृतिक चक्र का ही मशोधित रूप है। उन्होंने अपने मॉडल की रचना इस मान्यता पर की है कि अधिकांश भ्वाकृतिक मॉडल आवश्यकता से अधिक माधारणीकृत हैं तथा इनके द्वारा स्थलरूपों में लघु समय में होने वाले परिवर्तनों की व्याख्या नहीं की जा सकती है। नदी की प्रवणता (gradient) एवं घाटी-तली की ऊँचाई में भूगर्भिक काल (दीर्घकाल) के दौरान क्रमिक/प्रगामी परिवर्तन नहीं होता है बल्कि अस्थिरता (instability) एवं अघ कर्त्तन (incision) के अल्पकाल होते हैं जिसका अत्यन्त मापेक्षिक स्थिरता के दीर्घकाल में होता है। स्थलाकृति का अत्यन्त जटिल भ्वाकृतिक इतिहास होता है। अनावृष्टादन क्रमिक न होकर खण्डकालिक (episodic) होता है। अर्थात् तीव्र अपरदन-काल के पश्चात् निक्षेपण-काल होता है तथा इन दो घटनाओं (अपरदन तथा निक्षेपण) की पुनरावृत्ति होती रहती है एवं स्थलरूपों के विकास में जटिलताएँ आ जाती हैं।

लिटली तथा शूम (R. W. Lichty and S. A. Schumm, 1965) ने सर्वप्रथम डेविस, पेंक तथा हैक के भ्वाकृतिक प्रतिरूपों में निहित विशदों के निवारण का प्रयास किया है। इसके लिए उन्होंने स्थलरूपों के विकास के विभिन्न अवधि वाले कालों (different spans of time) के उदाहरण लिये हैं यथा चक्रीय काल प्रवणित काल (graded time) तथा स्थिर दशा-काल, (steady state time)। चक्रीय काल दीर्घकाल (भू-मयिक काल) होता है जिसके दौरान नदियों की प्रवणता में घातीय ह्रास (exponential decrease) होता है (चित्र 7)। एक चक्रीय काल में कई प्रवणित काल एवं स्थिर दशा-काल हो सकते हैं। प्रवणित काल के दौरान औसत प्रवणता प्रायः स्थिर रहती है परन्तु समय के परिवर्ष में इस औसत प्रवणता में परिवर्तन या उतार-चढ़ाव होता रहेगा। स्थिर दशा-काल लघु अवधि वाला होता है जिस समय कोई परिवर्तन नहीं होता है (चित्र 7 b)।



चित्र 7—विभिन्न समय-अन्तराल (time spans) के अन्तर्गत जलमार्ग-प्रवणता में अन्तर का आरेख द्वारा प्रदर्शन (शूम तथा लिटली, 1965)।

a—चक्रीय समय के अन्तर्गत जलमार्ग-प्रवणता में क्रमिक ह्रास। चक्रीय समय के आंशिक समय के दौरान, जो प्रवणित समय (graded time) होता है, जलमार्ग-ढाल स्थिर रहता है।

b—प्रवणित समय के दौरान जलमार्ग-ढाल में औसत मान के ऊपर तथा नीचे उतार-चढ़ाव (fluctuation)। लघु स्थित समय-अन्तराल के अन्तर्गत जलमार्ग-ढाल स्थिर रहता है।

शूम के मॉडल का मुख्य आधार यह है कि नदी की घाटी की तली एवं सरिता प्रवणता (stream gradient) में प्रगामी/क्रमिक (progressive) अवनयन (reduction) नहीं होता है क्योंकि जलमय तल (fluvial

system) के कार्यान्वयन में इस तरह के प्रणामी अवनयन (घाटी-तली तथा जलमार्ग की प्रवणता में) व्यवधान हो जाता है। शून्य की अवधारणा है कि भूवैज्ञानिक चक्र प्रतिष्ठा (जैसा कि डेविन ने प्रतिपादित किया है) में प्रवणता तथा घाटी-तली दोनों में प्रणामी अवनयन को समाविष्ट नहीं किया जा सकता। उदाहरणार्थ—प्रवणता में प्रणामी अवनयन की अवधारणा तर्कसंगत तो लगती है परन्तु इससे प्रवणित दशा का विकास तरुण एवं प्रौढ़ अवस्थाओं में नहीं हो पाता है। यह स्थिति मात्र जीर्ण-वस्था में ही सम्भव होती है। इसके विपरीत यदि प्रवणित दशा की स्थिति होती है तो घाटी-तली एवं मरिता प्रवणता में प्रणामी अवनयन का होना असम्भव हो जाता है। इस समस्या के निवारण के लिये शून्य वा सुझाव है कि प्रणामी अपरदन तथा प्रणामी प्रवणता में अवनयन की संकल्पनाओं में से एक को निरस्त कर देना चाहिए। इन दोनों संकल्पनाओं को एक मॉडल में समाहित करने के लिए ऐसे वैकल्पिक मॉडल की रचना का सुझाव दिया है जिसमें घाटी-तली तथा मरिता प्रवणता में प्रणामी विकास (progressive evolution) न होकर स्थिति परिवर्तन होता है तथा इस तरह के स्थिति परिवर्तन वाले अल्पकालों द्वारा प्रवणता के दीर्घकालों का अनुपात होता है। अर्थात् प्रवणता के दो दीर्घकालों के मध्य स्थिति परिवर्तन (खण्डकालिक अपरदन द्वारा) का अल्पकाल होता है।

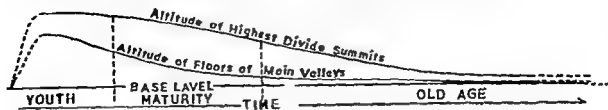
शून्य ने (1975) स्थलाकृतिक जटिलता की व्याख्या के लिए दो भूवैज्ञानिक संकल्पनाएँ विकसित की हैं—(i) भूवैज्ञानिक सीमान्त की संकल्पना (concept of geomorphic thresholds) तथा (ii) जटिल अनुक्रिया की संकल्पना (concept of complex response)। भूवैज्ञानिक सीमान्त की संकल्पना के अनुसार जलीय सिस्टम के अन्तर्गत परिवर्तन हो सकते हैं और ये परिवर्तन बाह्य प्रभावों (समस्थितिक उत्थान-isostatic upliftment आदि) के कारण न होकर अपरदनशील सिस्टम (eroding system) में निहित भूवैज्ञानिक नियंत्रण के कारण होते हैं। उदाहरणार्थ—जब किसी जलीय सिस्टम में अवसादों का संचयन होता है तो ये (निक्षेपित अवसाद) एक चरम सीमान्त ढाल (critical threshold slope) पर अस्थिर हो जाते हैं। परिणाम-स्वरूप (निक्षेपण के कारण ढाल-प्रवणता बढ़ने पर) अपरदन प्रारम्भ हो जाता है। स्पष्ट है कि इस तरह

जो परिवर्तन होता है वह जलीय सिस्टम के बाह्य विचरो (external variables) के कारण न होकर सिस्टम के आन्तरिक भूवैज्ञानिक नियंत्रण के कारण होता है। जटिल अनुक्रिया की संकल्पना के अनुसार जब प्रवाह बेसिन में नवोन्मेष होता है तो सिस्टम का प्रत्युत्तर अनुक्रिया (response) मात्र घाटी के अधःकर्तन के रूप में ही नहीं होता है परन्तु यह प्रत्युत्तर अधःकर्तन, अभिवृद्धि (aggradation) तथा नवीनीकृत अपरदन (renewed erosion) के द्वारा नयी समस्थिति (equilibrium) की स्थापना के रूप में होता है। यदि जलीय सिस्टम के बाह्य विचरो में प्रभाव (यथा समस्थितिक उत्थान) को जटिल अनुक्रिया एवं भूवैज्ञानिक सीमान्त के साथ सम्मिलित कर लिया जाय तो कम से कम भूवैज्ञानिक चक्र की प्रारम्भिक अवस्था में समय अन्तरालों में प्रणामी/क्रिया नहीं हो सकती बल्कि इस प्रारम्भिक अवस्था में सापेक्षिक स्थिरता कालों (relative periods of stability) के मध्य खण्डकालिक अपरदन कालों की दशाओं से युक्त घटनाओं का जटिल अनुक्रम होता है। अर्थात् अपरदन-काल तथा अपरदन स्थिति काल (स्थिरता काल) की पुनरावृत्ति होती रहती है जिस कारण जलीय सिस्टम एवं प्रत्युत्तर स्थलाकृति अत्यन्त जटिल हो जाती हैं। इस जटिलता का मुख्य कारण यह है कि यदि नदी के किसी भाग में किसी निश्चित समय में जो घटना होती है उसका प्रभाव पूरे जलमार्ग पर तात्कालिक नहीं हो पाता है। उदाहरण के लिए यदि उत्थान होने में प्रवाह-बेसिन में नवोन्मेष होता है तो जलमार्ग में घुटाने के पास जो परिवर्तन होता है अर्थात् अधःकर्तन होता है यह नदी के जलमार्ग में एक निश्चित स्थान (घुटाने पर) पर एक निश्चित समय की दशाओं (नवोन्मेष) का प्रत्युत्तर (response) है। इस अधःकर्तन द्वारा जो परिवर्तन घुटाने के पास होता है उसका प्रभाव नदी के ऊपरी भाग (upstream) में जोड़ नहीं हो पाता है। जब इसका प्रभाव नदी के ऊपरी भाग में होता है (अर्थात् जब नदी के घुटाने पर नवोन्मेष के कारण अधःकर्तन के रूप में जो परिवर्तन होता है उसका प्रत्युत्तर नदी के ऊपरी भाग में होता है) तो अधःकर्तन के बाद निक्षेपण होने लगता है।

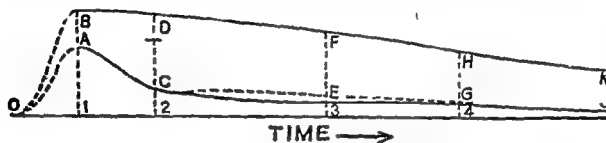
इस प्रकार 'भूवैज्ञानिक सीमान्त' एवं 'जटिल अनुक्रिया' की संकल्पनाओं के आधार पर शून्य ने स्थलाकृतिक विकास के निम्न मॉडल का निर्माण किया है—

प्रथम श्रूम ने डेविस के मॉडल में परिगर्जन एवं पंशोधन प्रस्तुत किया है। चित्र 8 (डेविस के मॉडल का अन्य लोगो द्वारा प्रदर्शन) तथा 9 डेविस द्वारा प्रस्तुत मौलिक मॉडल को प्रदर्शित करता है। चित्र 10

श्रूम के मॉडल को प्रदर्शित करता है। दोनों आरेखों में ऊपरी रेखा जलविभाजकी की ऊँचाई तथा उनके शीर्ष को प्रदर्शित करती है जबकि निचली रेखा घाटी की ऊँचाई का प्रतिनिधित्व करती है।



चित्र 8—डेविस के भ्वाकृतिक चक्र का सामान्य प्रदर्शन।

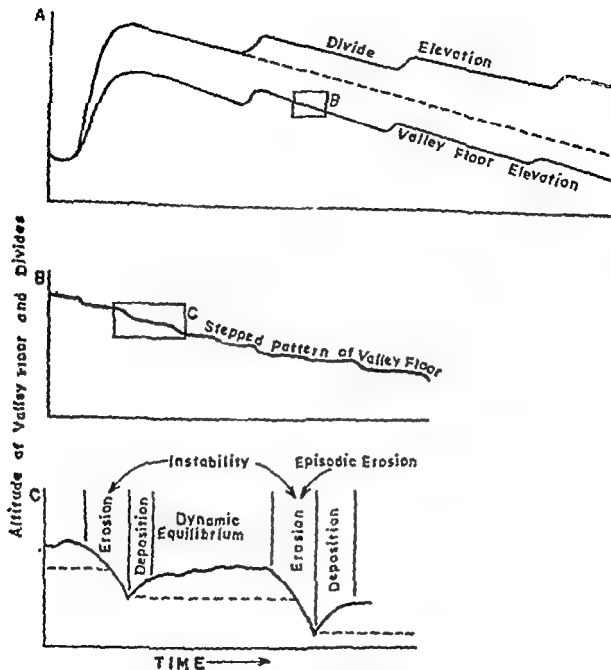


चित्र 9—डेविस द्वारा प्रस्तुत भौगोलिक चक्र का प्रदर्शन (डेविस, 1899)।

आरेख 10 का A भाग डेविस के मॉडल के आरेख (चित्र 9) की तदनुवस्था एवं प्रारम्भिक प्रौढावस्था को प्रदर्शित करता है परन्तु अनाच्छादन प्रगामी नहीं है बल्कि इसमें समस्थितिक समायोजन (isostatic adjustment) के कारण व्यवधान होता रहता है। डेविस के मॉडल के आरेख (चित्र 9) में बिन्दुदार रेखा (CEG) घाटी की तली में निक्षेपण की प्रतीक है। ज्ञातव्य है कि डेविस के मॉडल (चित्र 9) में ऊपरी वक्र (जलविभाजक शीर्ष BFHK) तथा निचला वक्र (घाटी-तली, (CEGJ) निष्कोण वक्र (smooth curves) हैं जबकि श्रूम के मॉडल (चित्र 10) में दोनों वक्र सोपानाकार हैं जो समस्थितिक समायोजन (उत्थान) द्वारा उत्पन्न व्यवधान के प्रतीक हैं। चित्र 10 A में बिन्दुदार रेखा डेविस द्वारा ऊँचाई में प्रगामी अवनयन को प्रदर्शित करती है।

श्रूम के अनुसार जलविभाजकी के शीर्ष पर वर्षा द्वारा सीमित अध क्षय होने से सामान्य परिवर्तन (ऊँचाई में अवनयन) होता है परन्तु अध क्षय (down wearing) अपेक्षाकृत समान होता है (सभी उन्चस्थ भागों पर)। घाटी-तली में लघु समय के अन्तर्गत जो न्यूनो-करण (reduction) होता है उसके परिणामस्वरूप

घाटी की तली का प्राश्न सोपानाकार (stepped pattern) हो जाता है। यह सोपानाकार प्राश्न घाटी में अवसाद के सग्रह (storage) एवं बहाव (flushing) के कारण होता है। चित्र 10 A में B द्वारा प्रदर्शित भाग जलमार्ग में घाटी-तली के प्राश्न को सामान्य रूप में इंगित करता है (जो सरलरेखा द्वारा प्रदर्शित है) परन्तु यदि उसी भाग का सूक्ष्म अवलोकन किया जाय तो यह वास्तव में सोपानाकार होता है। चित्र 10 B में चित्र 10 A के B भाग का सूक्ष्म रूप विस्तृत रूप में दिखाया गया है। सामान्य रूप में इन तरह के सोपानाकार प्राश्न (घाटी-तली के) को जलीय सिस्टम के बाह्य प्रभावों (उत्थान, जलवायु परिवर्तन आदि) का प्रतिफल बताया जाता है परन्तु श्रूम के अनुसार यह सिस्टम के बाह्य प्रभावों के कारण न होकर सिस्टम के आन्तरिक भ्वाकृतिक नियंत्रणों का प्रतिफल है। इस तरह का प्रस्तावित मॉडल गतिक विलम्बित 'समस्थिति' (dynamic metastable equilibrium) वाले सिस्टम को प्रदर्शित करता है। ज्ञातव्य है कि 'स्थिर बराबर समस्थिति' (steady state equilibrium) में एक औसत मान के सन्दर्भ में उतार-चढ़ाव (fluctuations about



चित्र 10—स्वाकृतिक चक्र की परिपक्वता सम्बन्धित।

A—डेविड द्वारा प्रस्तुत अपरदन चक्र (विन्दुदार रेखा द्वारा प्रदर्शित)।

B—चित्र 10 A में प्रदर्शित घाटी-तल का अंश जो घाटी-तली में ह्रास की खण्डकारी प्रकृति को प्रदर्शित करता है।

C—चित्र 10 B में घाटी-तली का अंश जो अस्थिरता की लघु अवधि के मध्य गतिक समुत्पन्न की दीर्घ अवधि को प्रदर्शित करता है (जुम, 1980)।

an average) होता रहता है जबकि 'मितस्थायी समस्थिति' उस समय होती है जबकि बाह्य प्रभाव (external influence) के द्वारा मिश्रम सीमान्त (system threshold) मान में होकर नयी समस्थिति की दशा में प्रविष्ट होता है। भूमि की मान्यता है कि बाह्य विचारो (external variables) के समस्थिति सिस्टम पर प्रभाव की सम्भावना रहती है परन्तु स्वला-कृति के अनाच्छादन के मन्दर्भ में गतिक मितस्थायी समस्थिति मिश्रम में निहित भ्वाकृतिक सीमान्त (inherent geomorphic thresholds) के उत्तर / अनुक्रिया (response) को प्रतिबिम्बित करती है। अर्थात् सिस्टम के आन्तरिक भ्वाकृतिक नियंत्रणों का प्रभाव गतिक मितस्थायी समस्थिति पर अवश्य होता है। उदाहरण के लिए घाटी-तली में अवसाद के जमाव के कारण उक्त समस्थिति में अस्थिर दशा उत्पन्न हो जाती है। जब यह परिवर्तन निश्चित भ्वाकृतिक सीमान्त (geomorphic threshold) को पार कर जाना है या परिवर्तन भ्वाकृतिक सीमान्त से अधिक हो जाता है तो प्रवाह तंत्र (drainage system) में गवामेप हो जाता है। इस कारण खण्डकालिक अपरदन (episodic erosion) का काल प्रारम्भ हो जाता है। तदन्तर निक्षेपण का काल प्रारम्भ होता है। इस प्रकार अपरदन काल के बाद निक्षेपण काल के कारण घाटी का शैल सस्तर वाला तलावार (bedrock valley floor) सोपानाकार हो जाता है जो अस्थिरता काल (अपरदन काल) एवं स्थिरता काल को प्रदर्शित करता है। ज्ञातव्य है कि अस्थिरता या अपरदन काल लघु अवधि वाला होता है तथा स्थिरता काल (या गतिक समस्थिति काल या प्रवणता काल) दीर्घ अवधि वाला होता है। अस्थिरता काल अपरदन का घटक है जबकि स्थिरता काल निक्षेपण का प्रतीक है। चित्र 10 C में इन तथ्यों को स्पष्ट किया गया है। भूमि का पुनः बचन है कि स्थिरता कालों के समय जलमार्ग से गुजरने वाले अवसादों के स्वभाव में परिवर्तन होने के कारण जलमार्ग प्राय में भी परिवर्तन हो सकता है। अर्थात् सीधे (straight) जलमार्ग का अत्यधिक घुमावदार (sinuous) रूप में परिवर्तन हो सकता है। इस तरह की वक्रता (sinuosity, जलमार्ग की) में आरम्भिक अस्थिरता (incipient instability) में वृद्धि भी हो सकती है। इस दशा में गृह्य घाट के समय नदी अपने मार्ग को छोटा कर लेती है। मार्ग के छोटा होने के कारण घाटी-अपरदन-काल की स्थापना हो जाती है अर्थात् घाटी-तली का पुनः

अध कर्तन प्रारम्भ हो जाता है।

स्पष्ट है कि यदि इस प्रकार खण्डकालिक अपरदन (episodic erosion) होता है अर्थात् अपरदन-काल (असमस्थिति) एवं निक्षेपण काल (समस्थिति) के रूप में असमस्थिति के लघु काल तथा स्थिरता के दीर्घ कालों (चित्र 10 C में खण्डित रेखाओं में प्रदर्शित) की पुनरावृत्ति होती है तो स्थलाकृति की कई सूक्ष्म आकृतियों जैसे लघु वेदिकाएँ तथा अभिनव जलोढ़ भराप (alluvial fills) आदि की व्याप्ति के लिए जलीय सिस्टम के बाह्य विचरणों के प्रभावों (उत्थान, जलवायु-परिवर्तन आदि) की आवश्यकता नहीं रह जाती है क्योंकि इन सूक्ष्म आकृतियों का विनाश मिश्रम विकास के अन्तर्ग भाग के रूप में होता है।

भूमि में एक वृहत् जलीय चक्र के दौरान कई उप चक्रों की चरपटा की है। प्रमुख चक्र उत्थान के साथ अनाच्छादन की क्रिया से प्रारम्भ होता है। प्रारम्भ में सर्वाधिक अवसाद (अपरदन के कारण) का जमन होता है तथा समय के साथ इनकी मात्रा एवं आकार में ह्रास होता जाता है। इन प्राथमिक चक्र के अन्तर्गत द्वितीय पदानुक्रम के चक्र (second order cycles) होते हैं। इनका आविर्भाव उस समय होता है जबकि प्राथमिक चक्र में समस्थितिक समायोजन (isostatic adjustment) तथा जलवायु में बड़े पैमाने पर परिवर्तन होता है। इस तरह की घटना वाले (समस्थितिक समायोजन तथा जलवायु परिवर्तन) द्वितीय श्रेणी के चक्रों के मध्य तृतीय श्रेणी के चक्र होते हैं जबकि जलीय सिस्टम में भ्वाकृतिक सीमान्त का अतिक्रमण होता है। ये चक्र कम परिमाण वाले होते हैं परन्तु इनके अन्तर्गत निक्षेपित भागों का अपरदन होता है एवं निक्षेपों से होकर जलधारायें विकसित होती हैं। चतुर्थ श्रेणी के चक्रों का आविर्भाव जटिल भ्वाकृतिक अनुक्रिया (complex geomorphic response of fluvial system) के फलस्वरूप होता है। जलीय सिस्टम में इस तरह की अनुक्रिया (प्रत्युत्तर response) सिस्टम में विवर्तनिक घटनाओं समस्थितिक समायोजन जलवायु में परिवर्तन तथा भ्वाकृतिक सीमान्त में से किसी एक में भी परिवर्तन होने में हो सकती है। इस तरह के लघु परिमाण वाले चतुर्थ श्रेणी के लघु चक्रों का आविर्भाव मिश्रम द्वारा प्राथमिक, द्वितीय एवं तृतीय चक्रों में परिवर्तनों के साथ समायोजन के प्रयास के प्रतिफल स्वरूप होता है। अन्तिम पाँचवें चक्र का आविर्भाव मिश्रम में जलीय घटनाओं के सीमामेपण (seasonality of hydrologic events)

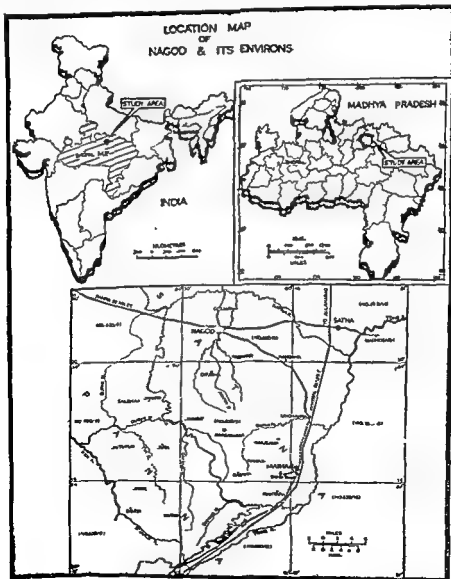
या बड़ी बाढ़ की घटनाओं के परिणामस्वरूप होता है। इस अन्तिम अवस्था में नदी के ऊपरी भाग में जमाव होता जाता है।

निष्कर्ष के रूप में कहा जा सकता है कि शून्य का दावा है कि नदियों के जलमार्ग की प्रवणता एवं घाटियों की तली की ऊँचाई में समय के साथ प्रणामी या क्रमिक परिवर्तन नहीं होता है। बरन् अस्थिरता अतः अध-कर्तन के दो सघुकात्मी के बीच सापेक्षिक स्थिरता (अतः प्रवणता / क्रमबद्धता—grade) का दीर्घकाल होता है। इस तरह किसी भी प्रदेश का अत्यन्त जटिल अनाच्छा-

दनात्मक इतिहास भी भ्रूकृतिव दृष्टि से 'सामान्य' (normal) हो सकता है।

**भ्रूकृतिक सिद्धान्त—भारतीय परिवेष्ट में**

निष्कर्ष के रूप में यह कहा जा सकता है कि स्थलरूपों के विकास की व्याख्या एकल सिद्धान्त से सम्भव नहीं हो सकती। किसी भी प्रदेश में स्थलरूपों का प्रभाव एक से अधिक कारकों द्वारा सम्पन्न होता है। यह भी सम्भाव्य है कि किसी एक ही प्रदेश में अधभय (down wasting, डेविस का मॉडल) द्वारा स्थलरूपों में अवनयन (lowering) तथा विनाश हो सकता है तथा



चित्र 11—भाण्डे पठार की अवस्थिति (सविन्द मिह तथा आर० यम० पाण्डेय, 1983)।

पृष्ठ अपरदन (back wasting, गतिक संतुलन सिद्धान्त) द्वारा समानान्तर निर्वर्तन होने से स्थलरूप यथान्त स्थिति में भी रह सकते हैं। यदि प्रायद्वीपीय भारत के उत्तरी अग्रप्रदेश का पूर्व में छोटा नागपुर पठार से पश्चिम में पन्ना पठार तक अवलोकन किया जाय तो स्पष्ट होता है कि स्थलरूपों के विकास में सरचना एवं जलवायु का सर्वाधिक प्रभाव है। रीवा एवं रोहतास पठार के कगारों का निर्माण ऊपर स्थित अपेक्षाकृत प्रतिरोधी किच्यन युगीन बालुकाप्रस्तर तथा उनके नीचे कमजोर शैल (shale) एवं चूना प्रस्तर की स्थिति के कारण हुआ है। छोटा नागपुर पठार के पाट प्रदेश (Patland) के तीव्र कगारों का निर्माण प्रेनाइट-नीम शैल के ऊपर स्थित क्रोटीमियम युगीन वेमान्ट की आवरण/चक्र शैल (cap rock) के कारण हुआ है। इसी तरह दामोदर (हजारी बाग पठार) में जुगु, भोरचा, सहूदी आदि मेसा के आकार की पठारियों के कगारों का निर्माण निचली कमजोर (shales) शैल के ऊपर गोण्डवाना युग के बालुकाप्रस्तर के आवरण के कारण हुआ है। इस तरह स्पष्ट है कि स्थलरूपों के विकास में लिये निम्न/समुक्त मिद्वान्त की सार्वकता का सत्यापन हो जाता है। इस पन्निवेश में निम्न प्रायद्वीपीय पठार के उत्तरी अग्रप्रदेश (northern foreland) की भूवाङ्मय समस्याओं का संक्षिप्त विवरण प्रस्तुत कर रहा है।

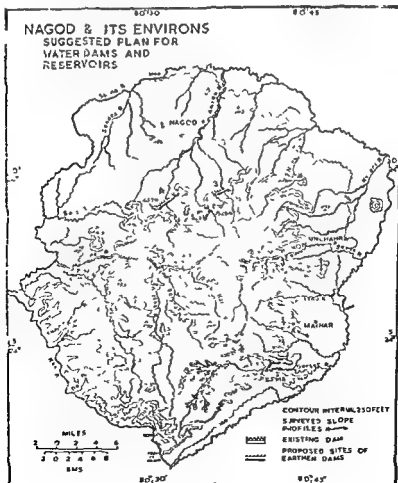
भाण्डेर पठार ( $24^{\circ}, 3', 29''$  उ०— $24^{\circ}, 39', 1''$  उ० अक्षांश तथा  $80^{\circ}, 16', 30''$  पू०— $80^{\circ}, 53', 15''$  पू० देशान्तर) जो कि उ० प० में पन्ना पठार तथा पूर्व में रीवा पठार के मध्य स्थित है (चित्र 11), प्रायद्वीपीय भारत के उत्तरी अग्रप्रदेश के एक लघुभाग को प्रदर्शित करता है। इस प्रदेश की रचना किच्यन युग (चित्र 12) की बालुकाप्रस्तर, शैल (shale) तथा चूनाप्रस्तर की चट्टानों से हुई है। सबसे ऊपर बालुकाप्रस्तर की 500 फीट (152.4 मीटर) की मोटी परत है तथा सभी प्रकार की चट्टानों के स्तर प्रायः अपनी मौलिक अवस्था अर्थात् क्षैतिज रूप में हैं। यह पठार अपने समीपी निम्न समतल भू-भाग से लगभग 350 मीटर ऊपर है तथा इसके किनारे तीव्र ढाल वाले कगारों (scarps) से मण्डित है। प्रमुख नदियाँ टोम (तमसा), कैन तथा मतना की महापक हैं जो पठार के ऊपर से निकल कर इन नदियों में मिलती हैं (चित्र 13)। औसत वार्षिक वर्षा 1137 मिमी० तथा औसत मासिक उच्चतम तापमान जनवरी में  $30.5^{\circ}$  सेण्टीग्रेड तथा जून में  $45.3^{\circ}$  सें० रहता है। जबकि इन महीनों का औसत ग्यूनतम तापक्रम क्रमशः  $20.4^{\circ}$  सें० एवं  $23.1^{\circ}$  सें० रहता है। पठार के ऊपर सामान्य से चने वन पाये जाते हैं जबकि निचले समतल भू-भाग पर झाड़ियाँ पायी जाती हैं।



चित्र 12—भाण्डेर पठार की भूवाङ्मय समस्या (गविन्द सिंह तथा आर० यम० पाण्डेय, 1983)।

इस पठार प्रदेश में पठार के शीर्ष भाग में लेकर उत्तर-पश्चिम एवं उत्तर में सतना नदी की घाटी तक, पूर्व एवं द० पू० में टोस नदी की घाटी तक तथा द० पू० में वेन नदी की घाटी तक विशिष्ट स्थलाकृतिक रूपों के तीन स्पष्ट मण्डल पाये जाते हैं (चित्र 14, 15 एवं 16। (i) मुख्य पठार का बाह्य भाग उर्मिल पृष्ठ वाला निम्न उच्च भाग (1000 फीट/305 मीटर) है जिसका निर्माण विन्ध्यन युग की आधारभूत शैलों (बास कर गेला) पर हुआ है जिसके ऊपर आयातित मिट्टी का आवरण (जलोढ मिट्टी) 4 मीटर (पठार के पदस्थली के पास) में 18 मीटर (टोस नदी की घाटी एवं सतना नदी की घाटी के पास) की गहराई तक पाया जाता है। इस निम्न उच्च भाग का नदियों द्वारा सामान्य अपरदन (निम्नवर्ती) हुआ है। इस निम्न किन्तु समतल-प्राय उच्च भू-भाग की सामान्य सतह पर चौरस एवं

सपाट शीर्ष वाली (मेसा तुल्य) कई निचरी पहाड़ियाँ पायी जाती हैं जिनके अधर प्रायः सगत (accordant) हैं (चित्र 15), जैसे—कुगला पहाड़ी, शकरगढ़ पहाड़ी (547 मी०), गिन्दुरिया पहाड़ (545 मी०), सात पहाड़ (570 मी०), पिर्गौराबाद पहाड़ी (523 मी०), सुरन्हा पहाड़ (529 मी०), घडकना पहाड़ (567 मी०), पटना पहाड़ी (512 मी०), बन्धीरा पहाड़ी (504 मी०), सतनी पहाड़ी (423 मी०), मुखारी पहाड़ी (425 मी०) आदि। इन अवशिष्ट पहाड़ियों का आकार मेसा तुल्य (चौरस एवं सपाट विस्तृत शीर्ष) भाग एवं चारों तरफ तीव्र कगार युक्त है जिनके ऊपरी भाग में बालुकाप्रस्तर की मोटी परत है जिसके नीचे शैल तथा बालुकाप्रस्तर के क्षतिज स्तर-एकान्तर रूप में पाये जाते हैं। इन मेसा तथा बुटी तुल्य पहाड़ियों के चारों तरफ सबसे ऊपरी भाग में मुत-पृष्ठ (frec-face) तत्व बालि; तीव्र कगार



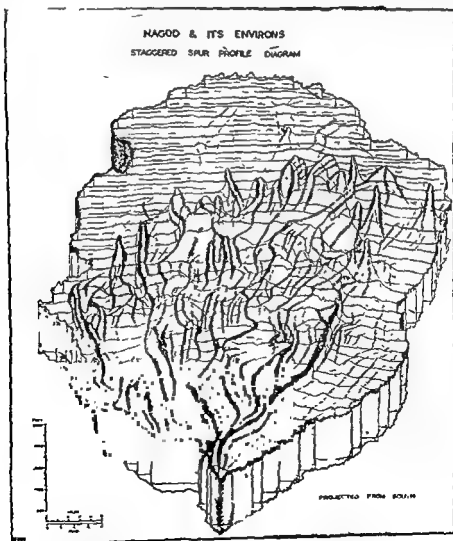
चित्र 13—भाण्डेर पठार का अपवाह प्रारूप (सविन्द सिंह तथा आर० यश० पाण्डेय, 1983)।



हैं, उनके नीचे  $30^{\circ}$ - $40^{\circ}$  ढाल वाला सरलरेखी तत्व (rectilinear element) है तथा सबसे निचले भाग (पदस्थली) में  $3^{\circ}$  से  $4^{\circ}$  कोण वाला अवतल ढाल है।

(ii) भ्वाकृतिक आकृतियों का द्वितीय मण्डल तीव्र कगारों को प्रदर्शित करता है जो कि मुख्य पठार की तीन तरफ से घेरे हुए हैं। इस कगार वाले मण्डल में आदर्श ढाल के चारों तत्व मिलते हैं—शिखरीय उत्तलता (summital convexity), तीव्र कगार का मुक्त गृष्ठ ढाल, मध्य में स्थित मग्नरेखात्मकता (rectilinearity) तथा सबसे निचले भाग में आधारीय अवतलता (basal concavity)। पठार के ऊपर से आने वाली नदियों (गुल्मेरी, पयना, बरआ आदि—टोम की सहायक,

करारी, नदहा, अंगरान आदि—मतना की सहायक—चित्र 13) ने इन कगारों को निम्नवर्ती अपरदन द्वारा विच्छेदित कर रखा है जिस कारण ये कगार घुमावदार (crenulated) हो गये हैं तथा अनेक घाटी खाड़ियाँ (valley embayments) निर्मित हो गयी हैं (चित्र 15 एवं 16)। इस मण्डल का गृष्ठवर्ती अपरदन (back wasting) तथा नदियों द्वारा निम्नवर्ती अपरदन (down cutting) द्वारा अधिकृतम विच्छेदन (dissection) हो रहा है पग्नु कगारों के समानान्तर निवर्तन द्वारा उनकी तीव्रता एवं ढाल बढावत है। (iii) तीसरा मण्डल भाण्डेर पठार के शीर्ष-सतह (top-surface) द्वारा प्रदर्शित होता है। यह भू-भाग 500 मी० में 600 मी०



चित्र 14—भाण्डेर पठार के उच्चावच का ब्लॉक आरेख द्वारा प्रदर्शन (मविन्द्र मिह्र तथा आर० सम० पाण्डेय, 1983)।



की ऊँचाई वाला है तथा इसकी सतह प्रायः सपाट है जिसपर निम्न सापेक्षिक उच्चवक्रण पाये जाते हैं। कुछ असमान, लम्बे एवं सखीर्ण निम्न ऊँचाई वाले कटक (ridges), टेकरी (knolls), असमान एवं असममित गटियाँ आदि पायी जाती है। प्रमुख नदियों का जल-मार्ग पठार के ऊपर तथा निचले उच्चभाग (1000 फीट/305 मीटर) पर संतुलित या ऋजित (graded) है परन्तु जब ये नदियाँ (चित्र 13) कगार से होकर नीचे उतरती हैं तो उनकी अनुदैर्घ्य परिच्छेदिका (longitudinal profiles) में अचानक तीव्र ढाल भंग (breaks in slope) पाया जाता है। इस तरह इन ढाल भंगों के सहारे 10 मीटर से 70 मीटर तक के कई जलप्रपात मिलते हैं। इस प्रकार जलप्रपातों की स्थिति के कारण इस प्रदेश के भूव्याकृतिक इतिहास की पहली अवस्था जटिल हो जाती है।

यद्यपि सम्पूर्ण भाण्डेर पठार एक प्रोवाइस्था वाला पवित्र पठार का उदाहरण है परन्तु डेविस के भौगोलिक चक्र के मॉडल के अन्तर्गत इन जलप्रपातों को समायोजित नहीं किया जा सकता। दूसरी तरफ इस प्रदेश में शैलीय उत्थान की सम्भावना भी नहीं हो सकती क्योंकि निचले उच्च प्रदेश (1000 फीट/305 मीटर) पर स्थित मजबूत शिखर (accordant summits) वाली अवशिष्ट पहाड़ियों (जैसा कि ऊपर व्यक्त किया गया है) की ऊँचाईयाँ (500 से 550 मीटर) मुख्य भाण्डेर पठार की ऊँचाई (500 से 550 मीटर) के समकक्ष हैं तथा अवशिष्ट पहाड़ियों एवं भाण्डेर पठार के ऊपरी भाग पर 500 फीट (152.4 मीटर) मोटे बालुवाप्रस्तर का आवरण है। इस आवरण के नीचे स्थित शैल चट्टान का तल दोनों पर बराबर ऊँचाई पर है। सम्पूर्ण पठार का भूगर्भिक इतिहास तथा शैलीकी समान है। इस तरह सम्भावित उत्थान से अभाव में नवीनमेप की भी कल्पना नहीं की जा सकती जिसके आधार पर इन जलप्रपातों को निक्षेपावृष्टि के रूप में स्वीकार किया जा सके। इस प्रदेश में अधःक्षय (down wasting) की प्रक्रिया भी सक्रिय नहीं है। ऐसी स्थिति में डेविस के मॉडल के आधार पर इस प्रदेश में स्थलाकृतिक विकास की व्याख्या सम्भव नहीं है।

यदि जलप्रपातों की स्थितियों पर दृष्टिपात किया जाय तो थोड़े समय के लिये समस्या का निदान हो सकता है। इन जलप्रपातों की दो सुनिश्चित स्थितियाँ हैं तथा ये शृंखला में मुद्रिका के रूप में पाये जाते हैं,

(i) तीव्र तथा ऊँच प्रपात (60 मीटर तक) पठार के बाह्य किनारे के सहारे पाये जाते हैं। मुख्य रूप से ये प्रपात घाटी खाड़ी (Valley embayments) के शीर्ष पर तथा अत्यन्त लघु सरिताओं पर अवस्थित हैं।  
(ii) जलप्रपातों की दूसरी शृंखला पठार के अन्दर पायी जाती है, तथा इनकी ऊँचाई 10 मीटर से 30 मीटर के मध्य है। इन प्रपातों के नीचे सरिताओं में लम्बे, गहरे तथा सखीर्ण मार्ग पाये जाते हैं। इस तरह यह व्यक्त किया जा सकता है कि प्रथम श्रेणी के प्रपात या तो घाटी-खाड़ी के शीर्ष हैं या कगार के शीर्ष हैं जिनसे होकर वर्षा के समान जल नीचे की ओर गिरता है, शेष समय ये जलबिहीन रहते हैं। अतः ये प्रपात नवीनमेप की इंगित करने वाले वास्तविक प्रपात नहीं हैं। इस तरह ये प्रपात वास्तविक प्रपात न होकर कगार से गिरने वाले जल के स्थान हैं। यदि इसे मान भी लिया जाय तो भी उच्च पठार के ऊपरी भाग तथा निचले उच्च प्रदेश पर नदियों की प्रवणित परिच्छेदिकाओं की साथ-साथ अवस्थिति, नदियों की अनुदैर्घ्य परिच्छेदिकाओं के मध्य भाग में महत्वपूर्ण ढाल-भंग तथा छोटे तथा तीव्र ढाल वाले कगारों की स्थिति की डेविस के मॉडल के आधार पर व्याख्या नहीं की जा सकती। स्पष्ट है कि डेविस का मॉडल इस प्रदेश की स्थलाकृतियों की व्याख्या में असफल है।

भाण्डेर प्रदेश साम्यावस्था (equilibrium stage) की स्थिति में हो सकता है क्योंकि कगार में समानान्तर निवर्तन (parallel retreat) हो रहा है जिस कारण स्थलाकृति में (कगार के प्रारूप में) कोई महत्वपूर्ण अन्तर नहीं आ रहा है। पृष्ठ अपरदन (back wasting) सर्वाधिक महत्वपूर्ण भूव्याकृतिक प्रक्रम है जिसके द्वारा कगारों में समानान्तर निवर्तन हो रहा है। निचले उच्च प्रदेश पर बिखरी सबंध शिखर वाली मेसा तुल्य पहाड़ियाँ अवशिष्ट रूप हैं। प्रारम्भ में ये मुख्य पठार के ही भाग थी परन्तु नदियों द्वारा पठार के सम्बन्धित अपरदन एवं समानान्तर निवर्तन की प्रक्रिया के कारण इस समय मुख्य पठार से अलग हो गयी हैं। अतः इनका निर्माण पार्श्विक अपरदन (lateral erosion) के कारण नहीं हुआ है क्योंकि ये पहाड़ियाँ भी तीव्र कगार युक्त हैं। इस तरह की व्याख्या से गतिक समुत्पन्न सिद्धान्त (dynamic equilibrium theory) को बल मिलता है परन्तु मुख्य पठार के निकटारा कगार से मात्र एक किलोमीटर दूर निचले उच्च प्रदेश में स्थित गोल शिखर

तथा उत्तल-अवतल ढाल वाली शारदापोल (488 मीटर) की पहाड़ी की अवस्थिति (चित्र 15) द्वारा गतिक संतुलन मिथान्त के सामने समस्या पैदा हो जाती है। क्योंकि इस पहाड़ी पर अधक्षय (down wasting) की प्रक्रिया कार्यरत है। बगार की स्थिति समानान्तर निवर्तन द्वारा समाप्त हो गयी है तथा बालुकाप्रस्तर की पतल शैल (cap rock) का आवरण हट गया है। अतः अधक्षय के कारण इस पहाड़ी की ऊँचाई का अवनयन (lowering) हो रहा है, शीर्ष का गोलन (rounding) तथा पतली (flattening) हो गया है जिस कारण उत्तल-अवतल ढाल का विकास हुआ है। बालुकाप्रस्तर के आवरण के हट जाने से शैल (shale) चट्टान खुल गयी है जिससे अपरदन शीघ्रता से हो रहा है। इस प्रकार प्रतिरोधी

शैल के अभाव में तीव्र अधक्षय होने से न केवल इस पहाड़ी की ऊँचाई में ह्रास हो रहा है बल्कि ढाल-विनाश (slope decline) भी हो रहा है। यह तथ्य डेक्कन के माँडन के पथ में जाता है। इस प्रदेश के समान अपरदन-नाशक उतिहास के दौरान शारदापोल की पहाड़ी पर अधक्षय द्वारा कम से कम 72 मीटर का अवनयन हुआ है जबकि मुख्य पठार की शीर्ष सपाट सतह तथा सपाट शीर्ष वाली निम्ने उच्च प्रदेश पर स्थित पहाड़ियों (500 से 550 मीटर) के ऊपरी भाग पर अधक्षय प्रमुख है। यद्यपि इस पर समानान्तर निवर्तन के कारण कुछ सीमा विस्तार में ह्रास अवश्य हुआ है। इस प्रकार शारदापोल के उदाहरण से डेक्कन के माँडन की समर्थन निम्नता है, बगारों के समानान्तर निवर्तन द्वारा

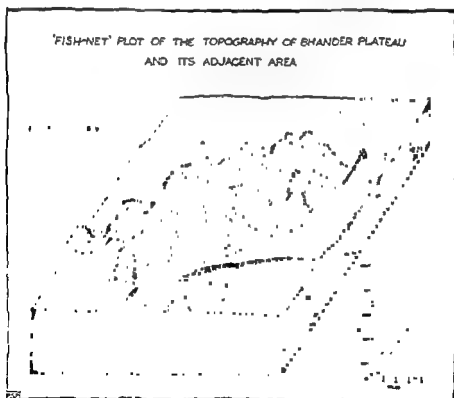


चित्र 16—भाण्डेर पठार के उच्चावच का बहुघण्ट विधि द्वारा प्रदर्शन  
(सविन्द्र सिंह तथा आर० यम० पाण्डेय, 1983)।

कगारों के यथावत रूप में गतिक संतुलन सिद्धांत चरितार्थ होता है, पेक के ढाल विकास के 'ढाल प्रतिस्थापन मॉडल' (slope replacement model) तथा यल० सी० ब्रिग के 'पहाड़ी ढाल चक्र मॉडल' (hill slope cycle model) के उदाहरण भी प्राप्त होते हैं।

स्पष्ट है कि एक ही प्रदेश में (जिसका भूगर्भीक इतिहास एवं भूवैज्ञानिक संरचना समान है) क्रिटेसियम युग से आज तक एक ही प्रकार की जलवायु रही है। गतिक संतुलन सिद्धांत के कार्यान्वयन (स्थलाकृतिक आकारों में समय के परिवर्ष में परिवर्तन का अभाव) तथा डेविम के मॉडल के तहत उच्चावच में प्रभावी अवनयन (effective lowering of relief) एवं स्थलाकृति में क्रमिक परिवर्तन (धुत्त पृष्ठ सरलरेखी टान में उत्तल-अवनत ढाल में परिवर्तन—शारदाचोक पर) के उदाहरणों का पाया जाना यह स्पष्ट इंगित करता है कि स्थलाकृति के विकास के लिए एकल सिद्धांत की कल्पना सारहीन है। अतः मिश्र या समुक्त सिद्धांत ही हल प्रस्तुत कर सकता है।

अदि भाण्डेर पठार से पुनः पूर्व एवं उ० पू० की ओर चला जाए (रीवा पठार) तो मोरिसाबा का 'विवर्तनिक-स्थलाकृतिक मॉडल' (tectono-geomorphic model) स्थलाकृतिक विशेषताओं की व्याख्या में चरितार्थ होता है। रीवा पठार का उत्तरी किनारा (चित्र 18) उत्तर में स्थित यमुना-पार मैदान से 160 मीटर से 200 मीटर तक क्रमशः ऊपर उठता है। 200 मीटर की ऊँचाई के बाद यह अचानक ऊपर उठता है तथा 200 मीटर एवं 280 मीटर के मध्य समतल एवं तीव्र मुत्त-पृष्ठ ढाल वाले कगार की स्थिति है। यह कगार भी भाण्डेर पठार के कगार के समान अत्यन्त घुमावदार, सूक्ष्मदत्ती (crenulated) तथा घाटी-खाड़ी (valley embayments) से युक्त है। दोस नदी, जिसका ऊपरी भाग भाण्डेर पठार के निचले उच्च प्रदेश पर प्रवणित (graded) है, इस भाग में अचानक नीचे उतरती है तथा 70 मीटर ऊँचाई वाले दोस (पुरवा) प्रपात (24° 47' उ० अ० एवं 81°, 15', 56" पू० दे०) का निर्माण करती है जिसके नीचे 6 किमी० लम्बे, सकरे



चित्र 17—भाण्डेर पठार के उच्चावच का वस्तुवात आरेख द्वारा प्रदर्शन (मविन्द्र सिंह तथा आर० एस० पाण्डेय, 1983)।



गार्ज में होकर प्रवाहित होती है। ज्ञातव्य है कि रीवापठार की संरचना भी विन्ध्यन युग के बालुकाप्रस्तर, शैल तथा चूनाप्रस्तर में हुई है। इस गार्ज का निर्माण प्रतिरोधी बालुकाप्रस्तर शैल संरचना में हुआ है। टोंग (पुरवा) प्रपात में 6 किमी० (नदी मार्ग के निचले भाग में—downstream) की दूरी पर टोंग में बौहर नदी मिलती है तथा यह मगम से 15 किमी० ऊपर (upstream) 127 मीटर ऊँचे प्रसिद्ध चघाई प्रपात का निर्माण करती है। बौहर नदी का यह गार्ज मगम तक 15 किमी० की दूरी तक विस्तृत है जिससे घाटी-पार्श्व ढाल खड़ी दीवाल के समान है। गार्ज के दोनों पार्श्व वृहदाकार बालुकाप्रस्तर के हैं। और आगे चलने पर (पूर्व की ओर) टोंग की सहायक महा नदी 98 मीटर केवटी जलप्रपात (शिरमौर से 9 किमी० पूर्व) का निर्माण करके मीथे विन्धु मकरे एव गहरे 4 किमी० लम्बे गार्ज में होकर प्रवाहित होती है। घाटी-पार्श्व (valley-sides) खड़े ढाल बाने हैं जो नदी-तल में 80 मीटर खड़ी दीवाल मद्गम ऊँचे हैं। और पूर्व चलने पर रीवा पठार के उत्तरी किनारे के सहारे पूर्वी छोर तक एक प्रपात खड़ा भी बन गयी है। उत्तर की ओर बहने वाली सभी प्रमुख नदियाँ उत्तरी बगार में उतरते हुए कई जलप्रपातों का निर्माण करती हैं जो 20 मीटर से 145 मीटर तक ऊँचाई बाने हैं। इनमें सबसे महत्वपूर्ण ओडा प्रपात (145 मीटर) है जो बेल्न की सहायक ओडा नदी पर स्थित है। जलप्रपातों की यह शृंखला पूर्व में रोहताम पठार (इसकी संरचना भी विन्ध्यन युग की बालुका-प्रस्तर शैल तथा चूना प्रस्तर की शैलों में हुई है) के पूर्वी छोर (सामान्य) तक व्याप्त है। रोहताम पठार भी उत्तर, पूर्व एवं दक्षिण में मीथ एव खड़े ढाल बाने बगारों में युक्त है। दक्षिणी बगार मोन घाटी में मात्र 4 में 10 किमी० दूर है जबकि उत्तरी बगार गंगा मैदान (कर्मनाशा मैदान का भाग) में अचानक खड़ी दीवार मद्गम ऊपर उठा है। उत्तर की ओर प्रवाहित होने वाली नदियाँ बगार को पार करते समय शृंखलाबद्ध रूप में जलप्रपात बनाती हैं। पश्चिम में पूर्व इन प्रपातों का मिलमिला इस प्रकार है—कर्मनाशा नदी पर 58 मीटर देवदरी प्रपात, पश्चिमी मुरा नदी पर 80 मीटर तेस्हार कुण्ड प्रपात, पूर्वी मुरा नदी पर 120 मीटर प्रपात, दुर्गावती नदी पर 80 मीटर का दो प्रपात, गोख्य नदी पर 90 मीटर ओखरीयन कुण्ड प्रपात, घोडा नदी

पर 30 मीटर धुंआ कुण्ड प्रपात आदि। दक्षिणी बगार के सहारे बौसाने नदी पर 180 मीटर कुआरोडाह प्रपात एवं उसकी सहायक मयघाट नदी पर 168 मीटर रकीमकुण्ड प्रपात प्रमुख हैं। भाण्डेर पठार के समान ही रोहताम पठार के िचले मपाट उमिल पृष्ठ बाने धरा-तल पर बालुकाप्रस्तर वाली छत्रक शैल युक्त मपाट मतह बानी मेमा तुल्य पहचिडियाँ (जैसे अर्जुन पहाड़) मिलती हैं। दक्षिणी बगार के निचट ही मुरली पहाड़ भाण्डेर पठार की शारदापोल पहाड़ी के समान बगार विहीन (समानान्तर निर्वर्तन के कारण बालुकाप्रस्तर की छत्रक शैल के आवरण का अनावरण हो जाने में) उत्तल-अवतल ढाल बानी पहाड़ी है तथा अधक्ष में उच्चावच में अवनयन हो रहा है। अन्तर मात्र इतना है कि शारदापोल में शैल चट्टान है जबकि मुरली पहाड़ में चूना प्रस्तर है। रोहताम पठार के बगारों में भी पृष्ठवर्ती क्षय होने में समानान्तर निर्वर्तन हो रहा है।

इस प्रकार रीवा पठार के पश्चिमी छोर से रोहताम पठार के पूर्वी किनारे तक नदियों की अनुदैर्घ्य परिच्छेदिकाओं में निकृचाइण्ट तथा ऊँचे जलप्रपातों की स्थितियों में प्रायद्वीपीय भारत के उत्तरी अग्रप्रदेश में नवीनमप का आभास होता है। भारतीय प्लेट के एशिया प्लेट के नीचे क्षेपण (subduction) द्वारा दक्षिणी युग में हिमालय का निर्माण हुआ। इस पर्वतीकरण का प्रभाव प्रायद्वीपीय भारत के अग्रप्रदेश में हुआ जिस कारण उसमें गंगा-यमुना मैदान के मन्दर्भ में मापेक्षिक उद्धान हो गया। इस विवर्तनिक क्रिया के कारण अनाच्छादनात्मक प्रक्रमों में तीव्रता आने से नवीनमप हो जाने में असमर्थियति (disequilibrium of action) उत्पन्न हो गयी। ज्ञातव्य है कि स्थलरूप विवर्तनिक बलों तथा अपरदनात्मक बलों की तीव्रता के दगे के मध्य एव पदार्थों की प्रतिरोधिता के बल (force of resistance of materials) और ऊर्जा के मध्य सम्बन्धों का प्रतिफल होता है। जब इन दोनों में अन्तर होता है तो असाम्यावस्था (disequilibrium) उत्पन्न होती है तथा जब ये दोनों बराबर होते हैं तो साम्यावस्था (equilibrium) होती है। यदि मोरिसाबा के इस वक्तव्य कि 'जापान तथा हिमालय प्रदेश में अनाच्छादनात्मक एवं विवर्तनिक बल वर्तमान समय में कार्य की समर्थियति को प्राप्त हो गये हैं' को यदि स्वीकार किया जाता है (आवश्यक नहीं है) तो यह 'ममम्भिति मॉडल' उस प्रदेशों (रीवा पठार एवं रोह

ताम पठार) में भी चरितार्थ होता है क्योंकि वर्तमान समय में भारतीय प्लेट के एशियाटिक प्लेट के नीचे क्षेपण होनेसे प्रायद्वीपीय भारत के अग्रप्रदेश में जितना उत्थान हो रहा है उसके बराबर निम्नीकरण भी हो रहा है। यही कारण है कि नवोन्मेष के बावजूद प्रमुख नदियों में निक्षेपवाइण्ड होने पर भी नदी बेदिकार्यों नहीं पायी जाती

है। नगारों में समानान्तर निवर्तन होने में उनका रूप सम्भवत है।

इस प्रकार स्पष्ट है कि किसी भी प्रदेश में स्थलरूप समूह जटिल होते हैं तथा उनको व्याख्या एकल कारक या एकल मॉडल या सिद्धांत द्वारा सम्भव नहीं है। अतः सशुद्ध या मिश्र-सिद्धांत न केवल वाछनीय अपितु अपरिहार्य हो जाता है।

— — —



# भ्वाकृतिक संकल्पनायें

(Geomorphic Concepts)

संकल्पना ।

“वर्तमान समय में जो भूगर्भिक प्रक्रम तथा नियम कार्यरत हैं, वे ही समस्त भूगर्भिक इतिहास में कार्यरत थे परन्तु उनकी सक्रियता में अन्तर था ।” [The same physical processes and laws that operate to day, operated throughout geologic time, although not necessarily always with the same intensity as now ]

संकल्पना का सूत्रपात

प्रस्तुत संकल्पना वर्तमान समय में ‘मॉडर्न ज्यॉलजी’ का आधारभूत सिद्धान्त है, जिसे एक रूपतावाद (Uniformitarianism) के नाम से जाना जाता है। इस सिद्धान्त का प्रतिपादन सर्वप्रथम स्कॉटिश भूगर्भवेत्ता जेम्स हटन द्वारा 1785 में किया गया। सेफेयर ने 1802 में उसका परिमार्जित रूप प्रस्तुत किया और आगे चलकर चार्ल्स लेवेल ने उसे अपनी पुस्तक ‘प्रिंसिपल्स ऑफ ज्यॉलजी’ में भरपूर स्थापित किया। परन्तु हटन की संकल्पना उपर्युक्त संकल्पना में कुछ भिन्न थी तथा उसमें कुछ भौतिक घटियाँ भी थी। उदाहरण के लिए, उन्होंने बताया कि भूगर्भिक प्रक्रम, भूगर्भिक इतिहास के प्रत्येक काल में समान रूप से सक्रिय थे” तथा इसी आधार पर प्रतिपादित किया कि ‘वर्तमान भूत की कुंजी है’—The present is key to the past, अर्थात् वर्तमान समय में भूपटल को प्रभावित करने वाले जो प्रक्रम कार्यरत हैं, वे ही भूत में भी कार्यरत थे। अतः वर्तमान समय के प्रक्रमों तथा स्थलाकृतियों के आधार पर भूत के इतिहास को मैत्रा जा सकता है। सर्वप्रथम हटन की संकल्पना का आलोचनात्मक विमर्श आवश्यक है।

संकल्पना तथा हटन महोदय

हटन का यह दावा कि भूगर्भिक प्रक्रम नईव समान रूप में सक्रिय थे, असत्य है। इस तरह यह स्पष्ट होता है कि हटन ने अपने सिद्धान्त को काफी मजबूत अर्थों में प्रयुक्त किया है। प्रमाण के लिए हिमानी को लिया जा सकता है। कार्बोनिफेरस तथा प्लोस्टीसीन युगों में

हिमकाल के कारण हिमानी अपरदन के अन्य कारकों की अपेक्षा अधिक सक्रिय थे। माघ ही साथ आज के हिमानी की तुलना में भी उक्त दो युगों में हिमनद अधिक सक्रिय थे। इसका कारण जलवायु का स्थायी न होना ही है। जैसा वर्तमान समय में जलवायु का वितरण है, वैसा ही वितरण भू-पटल पर सर्वत्र नहीं था। जहाँ पर आज आई जलवायु है और जलवायु प्रक्रम सक्रिय है, वहाँ पर पहले गुल्फ मरुस्थलीय जलवायु रह चुकी है, जहाँ पर पवन क्रियाशील था। इसी तरह वर्तमान रेगिस्तानी भाग कभी आर्द्र प्रदेश भी रह चुके हैं। गर्म शुष्क भाग शीतल तथा शीतल प्रदेश गर्म प्रदेश रह चुके हैं। उदाहरण के लिए इरान में खुराई करने पर कोयले में भूमध्यरेखीय जलवायु वाली वनस्पतियाँ मिली हैं। इसमें प्रकट होता है कि ये भाग कभी उष्णार्द्र रहे थे। भारत के उड़ीसा प्रान्त में भी इस तरह के कई जलवायु चक्रों के परिवर्तन के उदाहरण प्राप्त किये जा चुके हैं। तालचौर कोयले की परत के नीचे गोलारम मृत्तिका (Boulder clay) का जमाव मिला है। कोयले की परत का जमाव गोडवाना युग में हुआ था। इससे प्रकट होता है कि गोडवाना क्रम की चट्टानों में पहले उक्त स्थान पर हिमाच्छादन हुआ होगा। इसके बाद कोयले का पाया जाना उष्णार्द्र जलवायु को प्रदर्शित करता है। इसी तरह भूगर्भिक इतिहास के प्रत्येक युग में उवाना-मुखी-विषा भयान रूप से सक्रिय नहीं थी। वर्तमान की अपेक्षा टर्जियरी तथा क्रीटेशियस युगों में उवाना-मुखी सर्वाधिक सक्रिय थे जिस कारण प्रत्येक महाद्वीप पर लावा का जमाव कई रूपों में हुआ। इस तरह कई ऐसे प्रमाण उपलब्ध किये जा सकते हैं जिनसे स्पष्ट हो जाना है कि भूगर्भिक इतिहास के विभिन्न युगों में प्रक्रम सक्रिय तो थे परन्तु एक ही मात्रा में नहीं। लगता है हटन मरिटाइम द्वारा अधिक प्रभावित हुए थे क्योंकि मरिटाइम प्रायः प्रत्येक काल में अधिक सक्रिय रही हैं।

प्रक्रम का स्वरूप

यदि प्रक्रमों के ज्ञान की मात्रा में अन्तर हो सकता है परन्तु उनके कार्य करने के सामान्य स्वभाव

में ममरूपता ही मिलती है। उदाहरण के लिए यह कोई नहीं कह सकता है कि नदियों ने वर्तमान समय की तरह भूतकाल में घाटियों का निर्माण नहीं किया। यदि नील नदी ने ईसा पूर्व डेल्टा का निर्माण किया तो वर्तमान समय में भी नदियाँ डेल्टा का निर्माण कर रही हैं। यदि प्लीस्टोसीन हिमकाल के समय विस्तृत घाटी हिमनद ने अनेक प्रकार के अपरदन तथा निक्षेपान्तरण स्थलरूपों का निर्माण किया तो वर्तमान समय में भी उच्च पर्वतों पर स्थित घाटी हिमनद उन्नी गङ्ग के कार्य में सक्रिय है। यदि भूमिगत जल न भूपटल पर चला-प्रतर जाने भागों में पमियन तथा पेन्गुलवेनियन युगों में अपने घुलनकार्य (Solution) द्वारा मिच होकर, जोराटन युवानर तथा कास्टेन स्मनाद्वि का निर्माण किया तो वे वर्तमान समय में भी समुद्रक राजप अमेरिका (इण्डियाना, कण्टुकी आदि), युगोस्लाविया (साम्बाक क्षेत्र) जूरा पर्वत, भारत के रोहतास जूना प्रस्तर क्षेत्र आदि पर उसी तरह से कार्यरत हैं। इसी तरह सभी प्रक्रमों के विषय में उदाहरण प्रस्तुत किये जा सकते हैं।

### भूगर्भीय प्रक्रमों का चक्रोप रूप

भूपटल की प्रभावित करने वाले प्रक्रम प्रायः चक्रोप रूप में कार्य करते हैं। हटन ने बताया कि 'प्रकृति का स्वभाव क्रमिता' (orderliness of nature) होता है। अर्थात् प्रकृति का विकास क्रमिता रूप (orderly course) में सम्पादित होता है। उन्होंने बताया कि प्रकृति आणविक व्यवस्थित (systematic), आनुपातिक (coherent) तथा युक्तियुक्त (reasonable) होती है। विध्वंस का प्रतिफल रचना तथा रचना का प्रतिफल विध्वंस हुआ करता है। हटन प्रथम व्यक्ति थे जिन्होंने बताया कि पृथ्वी का भूगर्भीय इतिहास चक्रोप रूप में सम्पादित होता है। चट्टानों का निर्माण उदाहरण स्वरूप प्रस्तुत किया जा सकता है (देखिय सकल्पना 2)। प्रत्येक भूगर्भीय प्रक्रम अपने पिछले इतिहास में कई चक्र पूर्ण कर चुके हैं, परन्तु यह बताया कि अनेक भूगर्भीय प्रक्रम कब पहली बार कार्यरत हुआ था तथा जो प्रक्रम इस समय कार्यरत हैं उनका जन्म कब होगा, नितान्त कठिन कार्य है। इसी तथ्य के आधार पर भूगर्भीय प्रक्रमों के विषय में हटन ने अपने अमूल्य मिश्रण—'न तो प्रारम्भ का कोई लक्षण है, न तो अन्त होने की कोई आशा है'—No vestige of a beginning, no prospect of an end का प्रतिपादन किया।

### पर्यवेक्षण (Observation)

प्रस्तुत सकल्पना का पर्यवेक्षण भूपटल के अप्लेजियन प्रदेश में किया जा सकता है। अप्लेजियन का प्रथम स्थान पमियन युग में अप्लेजियन हलचल के रूप में हुआ। इसके बाद ही उसपर अनाच्छादन के प्रक्रम (सिन्क्वावे) क्रियाशील हो गये। वर्तमान समय में अप्लेजियन एवं अपरदित अवशिष्ट पर्वत का उदाहरण है। नदियाँ प्रोटाब्रम्बा को प्राप्त कर चुकी हैं तथा अपरदन अपने नये चक्र की ओर अग्रसर है। इसी तरह के कई चक्र अप्लेजियन के भूगर्भीय इतिहास में पूर्ण हो चुके हैं। वर्तमान समय में अप्लेजियन में अपरदन की तीन महत्त्व क्रम में स्कूलो पेनोप्लेन, रोमनडोह पेनोप्लेन, तथा हैरिसवर्ग पेनोप्लेन द्वारा उद्भूत होती हैं। इसके आभास मिलता है कि अप्लेजियन पर जो प्रक्रम इस समय कार्यरत हैं वे पमियन व जुरैमिक युगों तक उन्नी रूप में सक्रिय थे।

### सकल्पना 2

चट्टान भूगर्भीय इतिहास की पुस्तकें हैं तथा जीवाश्म-युग्म उनके पृष्ठ हैं। [Rocks are the books of earth history and fossils are the pages.]

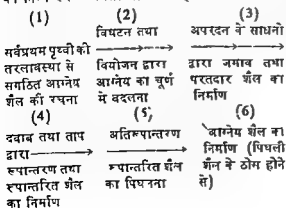
अगर हम चट्टानों के वर्तमान रूप का, चाहे उनका निर्माण किसी भी रूप में किसी भी समय हुआ हो, भूगर्भीय अध्ययन करें तो यह आसानी से ज्ञात हो जाता है कि किसी चट्टान विशेष का कब और किस परिस्थिति में किस रूप में निर्माण हुआ। इस आधार पर भूगर्भीय इतिहास का पता लगाया जा सकता है। इसी कारण यह कहा जाता है कि 'चट्टान भूगर्भीय इतिहास की पुस्तकें हैं तथा जीवाश्मयुग्म उनके पृष्ठ हैं'। दूसरे रूप में कहा जा सकता है कि 'चट्टानों पृथ्वी के इतिहास की पुस्तक के पृष्ठ हैं तथा जीवाश्मयुग्म उसके अक्षर हैं।' सर्वप्रथम हम चट्टानों के निर्माण की 'चक्रोप प्रक्रिया' (cyclic process) का महत्त्व अध्ययन करेंगे।

अनेक पर्यवेक्षणों के आधार पर यह प्रमाणित हो चुका है कि चट्टानों के निर्माण की क्रिया एक पूर्ण चक्र (cycle) के रूप में घटित हुई है तथा होनी भी है। पृथ्वी के ऊपरी भाग का निर्माण एवं चिनामकारी भूगर्भीय क्रियाओं में भी प्रायः चक्रोप क्रिया का आभास होता है। उदाहरण के लिए यदि किसी वर्तमान घटित पर्वत को लिया जाय जो कि अपने पेनोप्लेन (Peneplain) की अवस्था में पहुँच चुका है तो उसके अध्ययन से यथा

चलेगा कि प्रारम्भ में वह समतल भाग रहा होगा तथा बाद में भूगर्भिक उत्थान के कारण उसमें उभार आ गया होगा जिस कारण सतह से उसकी ऊँचाई अधिक होगी। बाद में अपरदन की शक्तियों ने उसे काट-छोट कर नीचा कर दिया होगा। इस तरह का उभार तथा कटाव द्वारा नीचा होना कई चक्र के रूप में घटित हुआ होगा। इस तरह का उदाहरण अफ्लेशियन पर्वत-श्रेणी से दिया जा सकता है जहाँ पर इस प्रकार के चार चक्र पूरे हो चुके हैं।

### (i) आग्नेय शैल का चक्रीय निर्माण

चट्टानों की निर्माण-क्रिया में भी चक्रीय सिद्धान्त लागू होता है। जब पृथ्वी की उत्पत्ति हुई तो पृथ्वी तप्त एवं तरल अवस्था में थी। उसके धीरे-धीरे ठंडा होने से प्रथम आग्नेय शैल का निर्माण हुआ। बाद में इस चट्टान के विघटन तथा वियोजन से प्राप्त अवसाद नदी, वायु, ग्लेशियर तथा सागरीय तरंगों द्वारा उपयुक्त स्थानों पर जमा कर दिये गये। फलस्वरूप परतदार चट्टानों का निर्माण हुआ। पर्वत-निर्माणकारी क्रिया के समय अत्यधिक दबाव के कारण तथा ज्वालामुखी-उद्गार के समय गर्म मैग्मा के सम्पर्क के कारण परतदार शैल का रूपान्तरण हो गया तथा रूपान्तरित शैल (Metamorphic rock) का निर्माण हुआ। वर्तमान पर्यवेक्षणों के आधार पर यह प्रमाणित हो चुका है कि जब दबाव का प्रभाव अत्यधिक होता है तो अत्यधिक ताप के कारण रूपान्तरित शैल का पुनः 'अति रूपान्तरण' (Ultra metamorphism) होता है। इस कारण मौलिक रूपान्तरित शैल पिघल कर लावा का रूप धारण कर लेती है जो कि शीतल होने पर जमकर ठोस रूप धारण कर पुनः आग्नेय शैल बन जाती है। इस प्रकार आग्नेय शैल का एक पूर्ण निर्माण-चक्र पूरा हो जाता है। इस प्रक्रिया को निम्न रूप में समझा जा सकता है।



### (ii) परतदार शैल का चक्रीय निर्माण

आग्नेय शैल के निर्माण के बाद उसके पुनः विघटन तथा वियोजन से प्राप्त चट्टान-पूर्ण के जमाव से प्रथम परतदार शैल का निर्माण होता है। ताप एवं दबाव के कारण इसका रूपान्तरण होकर रूपान्तरित शैल का निर्माण होता है। इसके बाद दो सम्भावनाएँ हो सकती हैं। प्रथम या तो रूपान्तरित शैल के विघटन तथा वियोजन में प्राप्त मैग्मा के जमाव से पुनः परतदार शैल का रूप हो सकता है तथा निर्माण का चक्र शीघ्र पूर्ण हो सकता है। दूसरा रूपान्तरित शैल का पुनः रूपान्तरण के कारण द्रव रूप हो सकता है जो ठोस होकर आग्नेय बन जायेगी। आग्नेय के विघटन से प्राप्त अवसाद के जमाव से पुनः परतदार शैल का निर्माण हो जायेगा।

1 आग्नेय से प्राप्त  
परतदार शैल → रूपान्तरित शैल → परतदार शैल

2 आग्नेय से प्राप्त  
परतदार शैल → रूपान्तरित शैल → आग्नेय शैल  
→ परतदार शैल।

### (iii) रूपान्तरित शैल का चक्रीय निर्माण

रूपान्तरण आग्नेय तथा परतदार शैल, दोनों का होता है। इस प्रकार इसका चक्र भी दो रूपों में हो सकता है—

1 परतदार शैल से  
रूपान्तरित शैल] → परतदार शैल → रूपान्तरण।

2 रूपान्तरित शैल → अति रूपान्तरण के] →  
कारण आग्नेय शैल] →

परतदार शैल → रूपान्तरित शैल।

यह प्रमाणित हो चुका है कि आग्नेय शैल पृथ्वी की सबसे प्राचीनतम शैल है परन्तु वर्तमान समय में जिन प्राचीनतम आग्नेय शैलों का पता लग सका है उनका भी प्रवेण या अतिप्रवेण (Intrusion) प्राचीन परतदार चट्टानों में पाया जाता है। इससे यह प्रकट होता है कि वर्तमान समय की ज्ञात प्राचीनतम आग्नेय शैल ही प्रथम आग्नेय शैल नहीं है वरन् उनके पहले की भी परतदार शैल मिलती है। इस आधार पर यह निर्णय लिया जा सकता है कि प्राचीनतम आग्नेय शैल का पता अब तक नहीं लग सका है। हो सकता है, उसका रूप बदल गया हो। इसी कारण स्काटलैण्ड के प्रमुख भूगर्भवेत्ता हट्टन (Hutton) ने 1785 ई० में यह व्यक्त किया था कि "न तो प्रारम्भ का कोई चिह्न है न अन्त होने की कोई आशा है"—No vestige of a beginning, no prospect of an end." (Hutton, 1785.)

यद्यपि चट्टानों के निर्माण के प्रारम्भिक चक्र का आभास नहीं हो पाता है तथापि वर्तमान दृश्य चट्टानों के लक्षणों के आधार पर उनके चकीय निर्माण-क्रिया की विचारधारा मत्स्य जान पड़ती है। यदि हम आग्नेय शैल को ही लें तो स्पष्ट होता है कि इसका निर्माण सदैव होता रहा है। वर्तमान समय में ज्वालामुखी-उद्गार के समय इनका निर्माण होता है। इनका उद्गम-स्थान चाहे जो भी हो, परन्तु आग्नेय शैल का निर्माण भूगर्भिक इतिहास के हर युग में हुआ तथा होता भी है।<sup>1</sup>

उपर्युक्त विवरण में स्पष्ट हो जाता है कि "चट्टानें, चाहे आग्नेय हों, या परतदार, एक तरफ पृथ्वी के इतिहास की हस्तलिपि तैयार करती हैं, दूसरी तरफ समकालीन दृष्यावली के लिये आधार प्रस्तुत करती हैं"—  
"Rocks, whether igneous or sedimentary constitute on the one hand the manuscripts of the past earth-history, on the other, the basis for contemporary scenery"<sup>2</sup> स्काटलैण्ड के प्रमुख भूगर्भवेत्ता हट्टन (Hutton) ने चट्टानों के सच्चे भूगर्भिक इतिहास की जानकारी प्राप्त करने के लिए अनेक पर्यवेक्षण करके भौगर्भ प्रयास किया तथा सन् 1785 ई० में अपने प्रमुख सिद्धान्त "वर्तमान भूत की कुञ्जी है" "The present is the key to the past" का प्रतिपादन किया।

वर्तमान समय में किसी चट्टान विशेष का निर्माण विशेष प्रकार के भौगोलिक पर्यावरण तथा जलवायु सम्बन्धी दशाओं में होता है। अगर इसी प्रकार के गुणों से सम्पन्न प्राचीन चट्टान पायी जाती हैं तो यह बताया जा सकता है कि उस चट्टान का निर्माण वर्तमान जलवायु सम्बन्धी दशाओं एवं भौगोलिक पर्यावरण के समान ही दशाओं में हुआ होगा। इस प्रकार विभिन्न समय का पता लगाया जा सकता है। उदाहरण के लिये वर्तमान समय में चूने के पत्थर (Limestone) का निर्माण सागरीय जल में चूनेदार जीवों के अवशेष के सङ्गठन में होता है। इसमें खासकर मृग (Corals) पाया जाता है जो कि सागरीय जीव होता है। इस प्रकार यदि स्थल भाग पर कहीं पर चूने का पत्थर मिलता है तो यह प्रमाणित होता है कि उक्त स्थान कभी सागरीय जल में निर्मज्जित था। भारत में "विन्ध्यन क्रम" (Vindhyan system) की चट्टानों में पर्याप्त मात्रा में लाइमस्टोन पाया जाता है

जिसका जमाव सागर में हुआ माना जाता है। इस प्रकार बताया जा सकता है कि उस स्थान पर जहाँ आजकल स्थल पाया जाता है, कभी सागर का विस्तार था। यदि चूने के पत्थर के बाद सम्भवतः रूप में शैल, बालुका पत्थर तथा काग्लोमरेट पाये जाते हैं तो जहाँ पर काग्लोमरेट है वहाँ पर पहले सागर तथा स्थल का संगम रहा होगा क्योंकि काग्लोमरेट (बड़े-बड़े मोल कंकड़) का जमाव सागर तथा स्थल के मिलते स्थान पर होता है।

इसी प्रकार जहाँ पर लावा का विस्तार पाया जाता है तो यह प्रकट होता है कि किसी न किसी समय उक्त स्थान पर ज्वालामुखी का उद्गार हुआ होगा। प्रायद्वीपीय भारत की काली मिट्टी का शैव यह प्रकट करता है कि यहाँ पर भूतकाल (Cretaceous) में ज्वालामुखी-उद्गार के कारण बृहत् लावा-प्रवाह हुआ था जिन कारण लावा की एक मॉटी परत 3 लाख वर्षों की अवधि में बिछा दी गई। नमक की चट्टान का निर्माण सागरीय पारे जल के वाष्पीकरण के कारण होता है। यदि कहीं पर नमक की चट्टान पायी जाती है या नमकीन जल की झील पाई जाती है तो यह स्पष्ट हो जाता है कि उक्त स्थान पर पहले सागर का स्थान था तथा बाद में सागर का या तो वाष्पीकरण या पीछे हटने के कारण खोप हो गया। भारत के थार रेगिस्तान में नमक की चट्टानें तथा खारे जल की झीलें पायी जाती हैं। इससे यह साफ स्पष्ट होता है कि प्रारम्भ में राजस्थान सागर की गोद में था तथा कुमायूँ के पास लाइमस्टोन का पाया जाना प्रमाणित करता है कि सागर का विस्तार वर्तमान गङ्गा तथा कुमायूँ तक था तथा शिवालिक नदी सिन्धु की खाड़ी, जो कि गङ्गा के पास थी, में गिरती थी। बाद में सागर के पीछे हटने के कारण राजस्थान का आविर्भाव हुआ है। यही कारण है कि वहाँ पर नमक की चट्टान (Rock-salt) तथा खारे जल की झीलें (साँभर, पञ्चप्रदा आदि) पाई जाती हैं।

कोयले का निर्माण वनस्पति के नाश दब जान से होता है। अगर कहीं पर कोयले की तहें (Coal seams) पाई जाती हैं तो यह स्पष्ट हो जाता है कि उक्त स्थान पर प्रारम्भ में विस्तृत जंगल तथा दलदल भाग रहा होगा, जो कि भू-हलचल के कारण दब कर नीचे चला गया, जहाँ पर दबाव के कारण वह पीट (Peat) एवं कोयले में बदल गया। अन्टार्कटिका महाद्वीप में कोयले

1. Wooldridge & Morgan, An Outline of Geomorphology, p. 116.

2. वही, पृ० 116

का पता चना है। दक्षिणी ध्रुव के करीब वर्तमान समय में यह भाग बर्फ से ढाँका हुआ है। परन्तु कीमती की स्थिति से यह पता चलता है कि प्रारम्भ में वहाँ पर घनी वनस्पति रही होगी।

हिमानी द्वारा जमाव किये जाने वाले भागों में गोलाश्म (boulder) मृत्तिका प्रमुख है। अगर किसी स्थान पर चट्टानों के बीच अथवा नीचे गोलाश्म मृत्तिका के अवशेष पाये जाते हैं तो यह स्पष्ट हो जाता है कि उक्त स्थान पर कभी हिमानी का फैलाव हुआ होगा जो कि वर्तमान समय में हट गया है परन्तु उनका अवशेष अब भी चट्टानों के बीच वर्तमान है। उदाहरण के लिये भारत के प्रायद्वीपीय भाग की चट्टानों के निचले स्तर में कई स्थानों पर हिमाच्छादन द्वारा प्राप्त होने वाले गोलाश्म पाये जाते हैं। दूसरी तरफ हिमानी अपरदन द्वारा चट्टानों को कुदरता है, जिस कारण चट्टानों पर खरोबें पड़ जाती हैं। यदि इस तरह का चिह्न चट्टानों पर मिलता है तो हिमानीकरण का प्रभाव स्पष्ट हो जाता है। प्रायद्वीपीय भारत में कालद्वग में प्राप्त होने वाली कालोमरेट गैल, ज़मीमा में तामचीर की चट्टानों तथा गोलाचरी-घाटी में पाये जाने वाले बालुका पत्थर (sand stone) की चट्टानों पर हिमनद के अनेक खरोब (scratches) पायी जाती हैं जिससे यह प्रमाणित होता है कि प्रायद्वीपीय भारत में किसी समय हिमाच्छादन हुआ था। अगर हम उन चट्टानों का अवलोकन करें जिन पर खरोबें पाई जाती हैं तो उनका निर्माण-काल भी बताया जा सकता है। भारत की चट्टानों के मुख्य चार वर्ग (groups) माने जाते हैं (1) आर्कियन वर्ग, 2 पुरानी वर्ग, 3 इवोदियन वर्ग 4 आर्यन वर्ग। इनमें आर्कियन वर्ग में दो क्रम (systems) पाये जाते हैं—(i) आर्कियन क्रम तथा (ii) धारवाड क्रम तथा आर्यन वर्ग में गोडवला क्रम प्रमुख हैं। इनमें धारवाड क्रम तथा गोडवला क्रम की चट्टानों पर हिमानीकरण का प्रभाव तज़र आता है। इससे प्रमाणित होता है कि जैम्स उत्तरी गोलाधर्म में प्लीस्टोसीन युग में एक विस्तृत हिमवादन का विस्तार हुआ था उसी प्रकार कार्यानिफ़रस युग में दक्षिणी-गोलाधर्म में हिमाच्छादन हुआ था, जिसका प्रभाव प्रायद्वीपीय भारत पर पाया जाता है। हिमानी का विस्तृत जमाव उत्तरी अमेरिका के अधिकांश भाग तथा युरेशिया के उत्तरी भाग में पाया जाता है जो कि हिमाच्छादन का प्रत्यक्ष प्रमाण है।

चट्टानों के अवशेष, जिनसे चट्टान की निर्माण क्रिया

तथा निर्माण-काल का पता लगाया जाता है, को 'चट्टान अवशेष' (Rock fossils) कहा जाता है। इसी प्रकार मौसम तथा जलवायु सम्बन्धी अनेक लक्षण चट्टानों पर विद्यमान रहते हैं जिनके आधार पर यह बताया जा सकता है कि उस समय जलवायु एवं मौसम सम्बन्धी दशाएँ कैसी थीं। इस प्रकार के चिह्न अथवा अवशेष भाग को 'मौसम अवशेष' (Fossil weather) कहते हैं। उदाहरण के लिये दक्षिणी अमेरिका, दक्षिणी अफ्रीका, प्रायद्वीपीय भारत, अन्टार्कटिका तथा आस्ट्रेलिया में हिमाच्छादन के स्पष्ट प्रमाण मिलते हैं। हिमाच्छादन केवल ठण्डी जलवायु में ही सम्भव हो सकता है। इस आधार पर यह गुप्त होता है कि उक्त स्थानों (अन्टार्कटिका को छोड़ कर) पर वृत्ति इस समय उष्ण जलवायु पायी जाती है परन्तु प्राचीन काल में जब कि हिमानी का विस्तार हुआ होगा, मौसम जलवायु रही होगी। इतना ही नहीं, यह समस्या स्थलरूपों के वितरण पर भी प्रकाश डालती है।

वर्तमान समय में उपर्युक्त स्थान (अन्टार्कटिक को छोड़कर) दक्षिणी ध्रुव में पर्याप्त दूर हैं। फिर यह कैसे सम्भव हो सकता था कि हिमानी का विस्तार राजस्थान तक हो जाता। इस समस्या का समाधान "बैंगल" में दिया है। प्रारम्भ में सभी स्थल-भाग एक रूप में संलग्न थे जिसे 'पैन्गिया' (Pangaea) कहा गया। यह एक ही गणर 'पैन्थालासा' (Panthalasa) से घिरा था। वर्तमान दक्षिणी ध्रुव कार्यानिफ़रस युग में दक्षिणी अफ्रीका के नीचे पतित युग के पाम था तथा भूमध्य रेखा उत्तरी यूराल में तक़र गुजरती थी। इस प्रकार कार्यानिफ़रस युग में आसानी से हिमावरण का विस्तार उक्त स्थानों पर हो गया। बाद में 'महाद्वीपीय प्रवाह', (continental drift) के कारण स्थल-भाग एक दूसरे से अलग हो गये तथा इन हिमानी का प्रभाव आज दूरस्थ भागों में पाया जाता है।

चट्टानों के आधार पर एक ही स्थान पर हुए जलवायु-परिवर्तनों का भी आभास होता है। उदाहरण के लिए ग्रेट ब्रिटेन में प्लीस्टोसीन युग के हिमानीकरण (आज से 20,000 वर्ष पहले जब कि हिमावरण हटने लगा था) के अनेक जमाव पाये जाते हैं। बोरिंग द्वारा पता चना है कि इसके पहले की अवधि में प्राचीन मृत्तिका (older clay) अधिक गहराई पर वर्तमान है, जिसमें ऐसी वनस्पतियों के अवशेष तथा जीवावशेष पाये गये हैं जो कि वर्तमान समय में उष्ण कटिबंध में पाये जाते हैं।

इसमें प्रकट होता है कि शीतल जलवायु के पूर्व ग्रेट ब्रिटेन की जलवायु उष्णार्द्र रही होगी और अधिक गहराई तक बोरिंग करने पर पता चला है कि प्राचीन मृत्तिका के नीचे ऐसी चट्टानें हैं जिनकी रचना रेगिस्तानी चट्टानों में मिलती है। अतः उस समय यहाँ की जलवायु उष्ण एवं शुष्क रही होगी। इस प्रकार एक स्थान पर हुए जलवायु सम्बन्धी परिवर्तनों का आभास, वहाँ की चट्टान विधेय द्वारा लग जाता है।

इस समय भारत एवं ग्रेट ब्रिटेन की जलवायु में उल्टा सम्बन्ध है। प्रथम की जलवायु उष्णार्द्र तथा दूसरे की शीतल है। चट्टानों के अध्ययन से पता चला है कि कार्बोनिफेरस युग में ठीक इसी विपरीत दशा थी। उस समय ग्रेट ब्रिटेन में कोयले का जमाव हुआ था। कोयले का जमाव दलदली वनस्पति तथा जलोढ़ में होता है। इससे प्रकट होता है कि कार्बोनिफेरस युग में, जब कि प्रायद्वीपीय भारत हिमावरण में आच्छादित था, ग्रेट ब्रिटेन की जलवायु उष्णार्द्र रही होगी। ग्रीनलैंड में भी प्राचीन चट्टानों में वनस्पतियों के ऐसे अवशेष मिले हैं जो कि उष्णार्द्र जलवायु में ही पनप सकती है। अब ग्रीनलैंड की जलवायु भी उष्णार्द्र रही होगी। इसी प्रकार 'कप्तान स्कॉट' (Captain Scott) ने दक्षिणी ध्रुव तथा अंटार्कटिका के पास कोयले की स्थिति का पता लगाया है। वर्तमान समय में दक्षिणी ध्रुव तथा अंटार्कटिका सतत बर्फ से ढके रहने हैं परन्तु वहाँ पर कोयले की प्राप्ति से यह स्पष्ट होता है कि कभी वहाँ पर उष्णार्द्र जलवायु रही होगी।

यदि जलवायु-चक्र के परिवर्तन को प्रमाणित करने के लिये भारत में उदाहरण लिया जाय तो बात और स्पष्ट हो जाती है। इस तरह का परिवर्तन गोडवाना क्रम की चट्टानों में पाया जाता है। बिहार एवं उड़ीसा में गोडवाना क्रम की कोयले की सतहें पायी जाती हैं। तालचौर-कोयले की सतह के नीचे गोलाग्रम मृत्तिका (Boulder clay) पाई जाती है। तालचौर कोल-सीम गोडवाना क्रम का प्राचीनतम जमाव है। इसमें प्रकट होता है कि गोडवाना क्रम की चट्टानों के निर्माण के पूर्व हिमाच्छादन हुआ था तथा जलवायु ठंडी थी। इसके बाद कोयले का पाया जाना उष्ण एवं आर्द्र जलवायु की प्रमाणित करता है। इस कोयले की सतह के बाद "Iron stone shale" चट्टान की परत पायी जाती है। इस प्रकार का जमाव उष्ण एवं शुष्क जलवायु में होता है।

इससे प्रकट होता है कि उष्णार्द्र जलवायु के बाद शुष्क जलवायु का आगमन हुआ होगा। वही-कही पर कोयले की सतह के ऊपर बालुका पत्थर तथा ताल बालुका पत्थर पाये जाते हैं। इनकी रचना अत्यधिक शुष्क-जलवायु में होती है, अतः शुष्क जलवायु के बाद अति शुष्क जलवायु रही होगी। बालुका पत्थर के बाद पुनः कोयले की सतह पाई जाती है, जिससे प्रकट होता है कि जलवायु पुनः उष्णार्द्र हो गई होगी। इस प्रकार विभिन्न चट्टानों के आधार पर जलवायु की विभिन्न अवस्थाओं का ज्ञान होता है।

(गोडवाना क्रम की चट्टानें → शीतल → उष्णार्द्र → शुष्क → और शुष्क → पुनः उष्णार्द्र जलवायु)।

महीन कणों वाली चट्टानों पर जब बर्फ की जल की बंद पड़ती है तो चट्टान पर छोटे-छोटे चिह्न बन जाते हैं जिन्हें "ड्रिप्टि छाप" (Rain prints) कहते हैं। यदि पुरानी शैलों पर इस तरह के छाप मिलते हैं तो यह बताया जा सकता है कि उस चट्टान के निर्माण के समय वर्तमान समय की ही दशा रही होगी। इसी प्रकार नदियों द्वारा बाढ़ के समय बिछाई गई काप मिट्टी में सूँप की प्रखर विरणों द्वारा बहुभुजी दरारें (Polygonal cracks) पड़ जाती हैं। बाढ़ में रेत आदि में दरारें भग जाती हैं तथा उन पर अगली बाढ़ के समय नयी काप का आच्छादन हो जाता है तथा पहले का आकार सुरक्षित रहता है। यदि इस प्रकार का 'मौसम अवशेष' (Fossil weather) पुरानी चट्टानों में मिलता है तो प्रकट होता है कि उस समय बायु, वर्षा तथा धूप की दशा वर्तमान समय के अनुरूप ही रही होगी।

रेतना हो नहीं चट्टान की विभिन्न मनुहों (Beds) द्वारा भी भूगर्भिक दृष्टिमान का पता चलना है। यदि कहीं पर परत के ऊपर परत का क्रमिक जमाव होता रहा है तथा बलन की क्रिया द्वारा अगर उनमें परिवर्तन नहीं हुआ है तो यह भाष स्पष्ट है कि निचली तह सबसे अधिक पुरानी होगी तथा ऊपरी तह सबसे नवीन। परन्तु प्रायः ऐसा होता नहीं है। यदि विभिन्न तहों में बलन पड़ गया हो या झुकाव हो गया हो तो उनका वास्तविक क्रम बताना कठिन होता है। कभी-कभी ऊपर का बलन (Folds) कटाव द्वारा कट जाता है तथा वह पुनः दूसरा जमाव होने लगता है परन्तु दोनों सतहों में असम्बन्धता पाई जाती है। इस प्रकार की असम्बन्धता को असमविन्यास (Unconformity, Conformity means

likeness अनुत्पत्ता) कहते हैं। इस असम्बद्धता में चट्टानों के इतिहास का कुछ हद तक पता लगाया जा सकता है। वास्तव में इन दो प्रकार के जमावों की बीच की असम्बद्धता का नान्य होना है भूगर्भीय समय में एक लम्बा अवकाश।



चित्र 19 — असम्बद्धता (Unconformity) का आविर्भाव

यदि उपर्युक्त आधार पर भारतीय भूगर्भीय इतिहास पर दृष्टिपात किया जाय तो स्पष्ट होता है कि धारवाड़ क्रम की चट्टानों तथा कुड़ापा क्रम की चट्टानों के बीच असम्बद्धता (Unconformity) पाई जाती है। अर्थात् इस लम्बे भूगर्भीय अवकाश (Geological interval) के समय चट्टानों का कटाव होता रहा तथा बाद में धारवाड़ क्रम की चट्टानों के बाद कुड़ापा क्रम की टोल तथा स्लेट आदि चट्टानों का निक्षेप हुआ। वास्तव में प्रत्येक असम्बद्धता किसी न किसी रूप में एक अपरदन-तल होती है जो कि भूगर्भीय अवकाश का चोख है, जिस समय अपरदन, निक्षेप में अधिक होता है—'In general terms, every unconformity is an erosion surface of one kind or another, representing a lapse of time during which denudation [including erosion by sea] exceeded deposition at that place'।

परतदार चट्टानों के आधार पर उससे प्रथम जमाव तथा पृथ्वी के इतिहास का पता लगाया जा सकता है।

अंग्रेज विद्वान विलियम स्मिथ ने एक लम्बे अवकाश के बाद मनु 799 ई० में इस बात का प्रतिपादन किया कि एक प्रकार की चट्टान की बनावट में एक ही प्रकार के जीवावशेष (Fossils) पाये जाते हैं। इस प्रकार किसी समय विशेष में पाये जाने वाले जीव, जिनका अवशेष उस समय की चट्टान में पाया जाता है, न कभी पहले प्रकट हुए थे न पुनः प्रकट हुए। इस प्रकार प्रत्येक युग में निश्चित जीव का आविर्भाव हुआ था जिनके अव-

शेष उस युग की शैल में देखे जाते हैं। इस आधार पर चट्टान का निर्माणकाल उनमें पाये जाने वाले जीवावशेष के आधार पर निश्चित किया जा सकता है। यदि एक ही प्रकार की चट्टान की बनावट दो महाद्वीपों में पायी जाती है तथा उनमें जीवावशेष एक ही प्रकार के हों तो दोनों चट्टानें समकालीन होगी। इस प्रकार विभिन्न समय के जीव एवं जीवावशेषों के आधार पर जीवावशेष युक्त परतवाली शैल को विभिन्न युगों में विभाजित किया जा सकता है। पृथ्वी के इतिहास को मरुता के लिए पुस्तक की तरह कई भागों में विभाजित किया जाता है। यह विभाजन निम्न तालिका में स्पष्ट हो जाता है।

(1) पुस्तक का विभाग

पुस्तक	भाग	अध्याय	पैराग्राफ
	(Volume)	(Chapter)	(Paragraph)

(2) समकालीन भूगर्भीय समय

कल्प	युग	शक	अवधि
(Era)	(Epoch)	(Period)	(Duration)

(3) जमाव या परत का विभाग

वर्ग	क्रम	श्रेणी	संरचना
(Group)	(System)	(Series)	(Structure)

उदाहरण—

आर्कियन वर्ग धारवाड़ क्रम, सासर श्रेणी (भारत से)  
संख्या 3

“स्थलरूपों के विकास में भूगर्भीय संरचना एक महत्वपूर्ण नियंत्रक कारक होती है तथा उनमें (स्थलरूपों) प्रतिबिम्बित होती है।” [Geologic structure is a dominant control factor in the evolution of landforms and is reflected in them]

सामान्य परिचय

सामान्य रूप में यह प्रतिपादित किया जाता है कि स्थलरूपों को प्रभावित करने वाले कारकों में भूगर्भीय संरचना एक महत्वपूर्ण कारक होती है परन्तु यह तथ्य सर्वत्र चरितार्थ नहीं होता है क्योंकि कभी-कभी अनाच्छादनात्मक प्रक्रम (Denudational processes) इतने अधिक सक्रिय हो जाते हैं कि वे भूगर्भीय संरचना पर हावी हो जाते हैं तथा समस्त भाग एक समतल सतह (Planation surface) में बदल जाते हैं जिसमें कड़ी या कोमल चट्टान का महत्व जाता रहता है। उन्नी आधार

पर कहा जाता है कि 'कभी-कभी भूगर्भिक संरचना स्थल-रूपों के निर्माण में निष्क्रिय तत्त्व होती है'। इसी आधार पर ई० एच० ब्राउन ने कहा है—“स्थलरूपों के विकास में भूगर्भिक संरचना को एक महत्वपूर्ण नियंत्रक कारक मान लेना एक प्रवृत्ति है और निश्चय ही यह तथ्य कई बार सत्य भी होता है परन्तु संरचना ही सदैव मुख्य नियंत्रक कारक नहीं होती है और वह भी अकेले ही।”

भू-विज्ञान तथा भू-आकृति विज्ञान में संरचना शब्द का प्रयोग व्यापक अर्थों में किया जाता है। संरचना का तात्पर्य चट्टान की स्थिति तथा प्रकृति दोनों से है। सर्वप्रथम यह दबा जाता है कि चट्टान का आकार बलन, झग या असम-विव्यासता (Unconformity) आदि में म किम रूप में है। संरचना को यह विचारधारा निश्चय ही सवीर्ण है। हमें और व्यापक बनाने के लिए चट्टान की संरचना में उन सभी पदार्थों (सामायनिक या भौतिक) का अध्ययन करने हैं जिनमें मिलकर चट्टान बनो है। हम प्रकार संरचना के अन्तर्गत हम चट्टान की स्थिति जैसे सधियों की मात्रा (कम या अधिक अवस्था पूर्ण अनु-पस्थिति), समरूप गलत (Bedding planes), झग, बलन, नति तथा नतिलम्ब (Dip and strike), चट्टान की कठोरता, उसके अन्तर्गत वर्तमान खनिजों आदि का सम्मिलित करते हैं। संक्षेप में हम संरचना के अन्तर्गत निम्न तथ्यों का समावेश करते हैं। 1 प्रथम यह कि चट्टान की वनावट किस प्रकार की स्थिति में हुई है। इसका ऊपर उल्लेख किया जा चुका है। 2 चट्टान का संगठन—चट्टान सधियुक्त है या सधि-रहित है। सधियाँ बड़ी-बड़ी हैं या छोटी-छोटी, चट्टान प्रवेश्य है या अप्रवेश्य, चट्टान पारगम्य है या अपारगम्य, चट्टान संगठित है या दोषी और चट्टान कठोर है। प्रतिरोधी है या कमजोर। यहाँ पर स्मरणार्थ है कि चट्टान की कठोरता का तात्पर्य आपेक्षित अर्थ (Relative sense) में है क्योंकि प्रत्येक शैल सभी दशाओं में कठोर तथा प्रतिरोधी या कमजोर एवं मुलायम नहीं होती है। उदाहरण के लिए चूने का पत्थर आदि प्रदेशों में शीघ्र घुलनशील तथा मुलायम चट्टान होती है परन्तु यहाँ चूने का पत्थर उष्ण एवं शुष्क सम्प्रदाय भागों में पवन द्वारा अपरदन के लिए कठोर तथा प्रतिरोधी शैल होता है। इस प्रकार एक ही प्रकार की चट्टान विभिन्न प्रकार की जलवायु में विभिन्न प्रकार के प्रतिरोधी स्वभाव की प्रदर्शित कर सकती है। 3 चट्टान की परतों का रूप—इसमें हम देखते हैं कि चट्टान की विभिन्न परतें समानान्तर तथा

क्षैतिज अवस्था में हैं अथवा कुछ कोण पर झुकी हुई हैं। उनके साथ सम्भवतः स्तर हैं अथवा भ्रंशित अवस्था में हैं। उपर्युक्त विवरण से संरचना का तात्पर्य स्पष्ट हो गया है। स्वाकृतिक अध्ययन के लिये संरचना को दो प्रकारों में विभाजित किया जा सकता है तथा विभाजन का मुख्य आधार अपरदन में विभिन्नता उत्पन्न करने वाली संरचनात्मक विभिन्नताओं को माना जा सकता है। 1 क्षैतिज संरचना (Horizontal structure—इसमें चट्टान की विभिन्न परतें क्षैतिज अवस्था में एक दूसरे के ऊपर सदी होती हैं)। 2 विमंगल संरचना [Discordant structure—इसमें चट्टानों की परतों का रूप किसी भी अवस्था (क्षैतिज अवस्था को छोड़कर) में हो सकता है]।

इस तरह संरचना के अन्तर्गत उक्त तीन पहलुओं का सम्मिलित किया जाता है—

- 1 चट्टान की प्रकृति (चट्टान के प्रकार)।
- 2 चट्टान के स्तरों की व्यवस्था तथा स्थिति।
- 3 चट्टान का सघटन तथा असम-विव्यास (lithology)।

### 1 चट्टान की प्रकृति (Nature of the rocks)

इसके अन्तर्गत यह देखा जाना है कि स्थान विशेष में चट्टान कौन-सी है (आग्नेय या अवसादी या रूपान्तरित)। भू-आवर्तिका में चट्टान के प्रकारों का अत्यन्त महत्त्व है क्योंकि वे स्थलरूपों के विकास का प्रभावित करती हैं स्थलाकृति के स्वभाव का निर्धारण करती हैं तथा मिट्टी के स्वभाव को निश्चित करती हैं। इसी आधार पर कहा गया है कि 'चट्टान चाहे आग्नेय ही या अवसादी, एक तरफ तो पृथ्वी के इतिहास की हस्तलिपि प्रस्तुत करती है तो दूसरी तरफ समकालीन दृष्टावली के लिए आधार प्रस्तुत करती है'। चट्टानों के विभिन्न प्रकार कठोरता (Hardness) की दृष्टि से पर्याप्त भिन्न होते हैं। अतः उन पर अपक्षय तथा अपरदन की क्रियाएँ भी विभिन्न दर से कार्य करती हैं जिस कारण नाना प्रकार के स्थलरूपों का निर्माण होता है। स्रोतों पर आग्नेय तथा रूपान्तरित चट्टानें (ग्रेनाइट, गैंग्रा क्वार्ट्ज-ग्राइट) तथा कुछ अवसादी चट्टानें (शैलवा प्रस्तर) पर्याप्त कठोर होती हैं। परिणामस्वरूप अनाच्छादन के बाद उन पर ऊपर उठी दृढ़स्थलाकृति (Bald topography) का निर्माण होता है। कुछ विविष्ट चट्टानों का तो स्थलरूपों के निर्माण में इतना अधिक प्रभुत्व तथा नियंत्रण होता है कि समूची स्थलाकृति का नामकरण ही



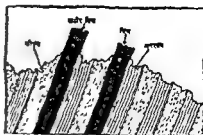
उनके आधार पर कर दिया जाता है, जैसे प्रेनाइट स्थला-  
कृति, कार्स्ट या लाइनस्टोन स्थलाकृति, चाक स्थलाकृति  
आदि। कॉमन चट्टानों पर (शैल, मृत्तिका) घाटियों  
एवं निम्न स्थलरूपों का निर्माण होता है। इस तरह  
स्थलरूपों के निर्माण में चट्टानों के महत्व को देखते हुए  
ही 'किसी क्षेत्र के स्थलाकृतिक मानचित्र तथा भूगर्भिक  
मानचित्र (Geological map) से तुलना कर ली जाती  
है क्योंकि उच्चावच (Relief) तथा उमरे नीचे स्थित  
चट्टान में पर्याप्त सम्बन्ध होता है। यहाँ पर आग्नेय शैल  
(घासकर प्रेनाइट) पर निमित्त स्थलाकृतिक का विवरण  
प्रस्तुत किया जा रहा है।

### आग्नेय शैल एवं स्थलाकृति

#### (Resultant Topographic Forms)

छनिज तथा कणों के रूप में आग्नेय शैल में पर्याप्त  
विषमता पाई जाती है। यह विषमता चट्टानों की बनावट  
में भीषण सम्बन्ध रखती है। आग्नेय चट्टान मोटे  
तौर पर कठोर होती हैं। परन्तु यह सर्वदा आवश्यक  
नहीं है। कभी-कभी चट्टान आग्नेय शैल की शैल में अत्यन्त  
मुलायम भी होती है। आग्नेय शैल की बनावट (Structure  
and Composition) की विषमता का प्रभाव  
किसी स्थान, जहाँ पर वे पायी जाती हैं, के स्थलरूप की  
उत्पत्ति, विकास तथा स्वरूप पर पर्याप्त होता है।  
पश्चिमी समुद्र तट राज्य अमेरिका में लावा के पठार में  
मलोस्टोन पत्थरों ने एक बड़ा कैम्पन (गर्बी दीवाल से घिरी  
नदी की सँकरी घाटी) बना रखा है। कैम्पन अथवा मार्ज  
के लिये बड़ी चट्टानों का हाना आवश्यक होता है तभी  
घाटी बनती हो पाती है। इसी प्रकार यदि सिल (Sill)  
का विस्तार झुके हुए परतदार शैल की परतों में पाया  
जाता है तब सिल समीपवर्ती चट्टान में कठोर होती  
है तो अपरदन के बाद सिल का कठोर भाग निबना  
रहता है। रॉची पठार के दक्षिणी भाग में धारदार क्रम  
की चट्टानों में आक्सीजन युग्म में 'डाल्मा' लावा-प्रदेश के  
कारण कई सिल तथा डाइक का निर्माण हुआ है जो ऊपरी  
धारदार के आवरण के हट जाने से दृष्टिगत होती है।  
परन्तु लम्बे समय तक अपरदन के कारण इनका रूप  
बदल गया है। ऊपरी दामोदर बेसिन (हजारी बाग  
पठार) में आक्सीजन युग्म एवं राजमहल लावा-प्रवाह के  
समय बर्ड बेयोमिय तथा डाइक का प्रवेश हुआ है।  
नदियों की घाटियों में राजमहल युग्म की डाइक गोण्ड-

वाना क्रम की अवसादी चट्टानों में आज भी निकली हुई  
दृष्टिगत होती है।



चित्र 20—अपरदन के बाद सिल का निकला हुआ भाग

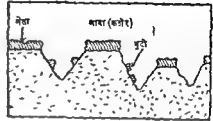
जब प्रेनाइट आग्नेय शैल के बृहद् समूह पर लगातार  
अपरदन होता रहता है अथवा अपभय का प्रभाव लम्बे  
समय तक चलता रहता है तो अग्नेय-वर्ग की परत उभड़  
कर हट जाती है तथा बीच का भाग उभड़ा-मा  
नजर आता है। इस प्रकार की आकृति को 'एक्सफोलि-  
येशन,' गुम्बद" (Exfoliation Dome) कहते हैं।  
समुद्र तट राज्य अमेरिका की "योसेमाइट घाटी"  
(Yosemite Valley) के बड़े-बड़े गुम्बद (Dome), रायो  
डि जर्नरी (बाजील) के "सुगर लोफ" (Sugar Loaf)  
तथा जॉर्जिया (सं० रा० अमेरिका) के "स्टोन पर्वत" इस  
तरह के गुम्बदों के प्रमुख उदाहरण हैं। मध्य रॉची पठार-  
में इस तरह के प्रेनाइट एक्सफोलियेशन गुम्बद देखने की  
मिलते हैं। उदाहरण के लिये रॉची शहर के पास 'काके'  
के समीप इस तरह के गुम्बद का खूबसूरत स्वरूप देखने  
को मिलता है।

कभी-कभी धरातल के नीचे मैग्मा का जमाव इव्  
गुम्बद के रूप में हो जाता है। परन्तु ये गुम्बद ऊपर में  
अन्य चट्टानों से ढके रहते हैं। मैग्मा प्रायः प्रेनाइट शैल  
के साथ होता है। अत्यधिक अपरदन के बाद ये गुम्बद  
सतह पर दिखाई पड़ते हैं। परन्तु अत्यधिक अपरदन में  
गुम्बद के ऊपर में मलबा का अत्यधिक भाग हट जाता  
है। इस प्रकार दबाव में कभी के कारण गुम्बद फैलने  
लगता है। फलस्वरूप उमरे ऊपरी भाग पर गोल-गोल  
जोड़ (Joints) पड़ जाते हैं। इन्हीं जोड़ों के कारण  
Exfoliation (पर्तों का उभड़ना) भी होने लगता है।  
मध्य रॉची पठार पर जॉर्जिया ग्राम के पास 'मुडा  
पहाड़' इसका प्रमुख उदाहरण है। इसी तरह के गुम्बद  
बुडी ग्राम के समीप देखने को मिलते हैं।

1 'Exfoliation' का अर्थ होता है वायु द्वारा चट्टान की परतों का फट के छिलने की तरह उभड़ना।

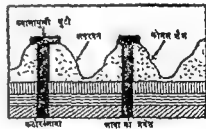
बाह्य आग्नेय शील का भी स्थलरूप के निर्माण में पर्याप्त हाथ होता है। जब लावा का प्रवाह मतलब पर होता है तो लावा की एक मोटी परत घरातल पर बिछ जाती है। अपरदन के बाद इनमें पर्याप्त अन्तर पाया जाता है। ऐसे क्षेत्रों में नदियाँ कटाव द्वारा अपनी घाटियों का निर्माण करती हैं। परन्तु जहाँ पर लावा की परत कठोर होती है वह अपरदन में बंजित रह जाती है। इस प्रकार घाटियों के बीच का भाग अपरदन में अछूता रह जाता है। प्राचीन चट्टान के ऊपर स्थित वेगान्ट (लावा) शील टोपी व समान दिखाई पड़ती है। इस प्रकार की आकृति को 'मेसा' (Lava capped mesa) कहते हैं। मेसा एक स्पेनिश शब्द है जिसका शाब्दिक अर्थ टेबुल अथवा मेज होता है। यह मेज के आकार की एक ऐसी आकृति होती है जिसका निर्माण लावा से पुरानी चट्टान के ऊपर होता है। इसके किनारे चारों तरफ से काफी खड़े (Steep slopes) होते हैं। इस तरह की मेसा संयुक्त राज्य अमेरिका के कोलोरेडो, वायोमिंग तथा न्यूमेक्सिको प्रान्तों के लावा क्षेत्र में सर्वाधिक पायी जाती है। कभी-कभी मेसा का आकार इतना विस्तृत होता है कि ये छोटे-मोटे पठार से लगती हैं। कोलोरेडो प्रान्त की 'ग्रान्ड मेसा' (Grand Mesa) इस प्रकार की एक विस्तृत मेसा है जिसका ऊपरी भाग कोलोरेडो तथा गुन्निसन (Gunnison) नदियों की घाटी से 5000 फीट (1524 मीटर) ऊँचा है। इसी प्रान्त की वेसाल्ट निर्मित 'राटन मेसा' (Raton Mesa) है, जिसमें लावा की गहराई 1000 फीट (305 मीटर) है तथा इस भाग की ऊँचाई तृतीयवर्ती नदी की घाटी से 6000 फीट (1830 मीटर) है। रावी पठार के पश्चिम 'पाट प्रदेश' (Patland) में ब्रिटिसिस युग के लावा-प्रवाह के कारण निर्मित लावा पठार (लावा की गहराई 1524 मीटर है जो तीस शील के ऊपरी तल 915 मीटर पर स्थित है) में अपरदन द्वारा कई मेसा तथा बुटो का निर्माण हुआ है (खमार पाट, रडनी पाट, रडामी पाट, बांगडू पाट, नेतरहाट पाट, जमीरा पाट आदि, स्थानीय भाषा में इन सपाट शिखर वाले छोटे-छोटे पठार/मिसा को 'पाट' बोलते हैं)। इन मेसा के शीर्ष चोरम हैं परन्तु कणार तीव्र ढाल वाले हैं। महावाग्नेश्वर का पठार (महाराष्ट्र में) एक विस्तृत मेसा का सुबसुरत उदाहरण है। कृष्णा, सरस्वती तथा कोयना नदियों की उद्गम सरिताओं (source streams) ने इसे विच्छेदित कर रखा है। वेसाल्ट में मरचनात्मक अन्तर होने के

कारण मरचनात्मक सोंपान निर्मित हुये हैं। देखने में पट्टों की स्थलाकृति संयुक्त राज्य अमेरिका के ग्रेण्ड कैनिनयन (कोनोरेडी नदी) में समता रखती है। रासायनिक अपघण द्वारा वेसाल्ट के ऊपरी भाग का लिटराइड में परिवर्तन हो गया है।



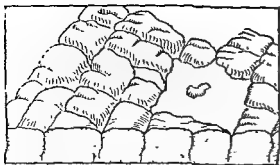
चित्र 21—लावा युक्त मेसा तथा बुटी (Lava Capped Mesa & Butte)

जब अपरदन के कारण मेसा का अधिकांश भाग कट जाता है तो उसका आकार छोटा होने लगता है। अत्यन्त छोटी आकार वाली मेसा को बुटी (Butte) कहते हैं। कभी-कभी ऊपर स्थित कमशोर चट्टान में लावा प्रवेश एक संकरे चम्ब के रूप में हो जाता है। बाद में अपरदन के कारण लम्बे रूप में स्थित लावा का ऊपरी भाग 'बुटी' के रूप में दृष्टिबोधक होता है। इस प्रकार की 'बुटी' को ज्वालामुखी बुटी कहते हैं।



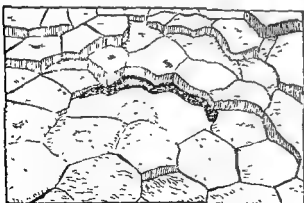
चित्र 22—ज्वालामुखी बुटी (Volcanic Butte)

म० रा० अमेरिका की शिपराक (Ship Rock) इसी तरह की ज्वालामुखी बुटी की उदाहरण है। कभी-कभी ग्रेनाइट चट्टान में जोड़ चोचोर आकार के हो जाते हैं तो आयताकार स्थलाकृति का निर्माण होता है। ऐसी स्थलाकृति पर आयताकार प्रवाह-प्रणाली का आविर्भाव होता है। यह तम्य चित्र 23 में प्रकट हो जाता है।



चित्र 23—घांकोर जोड़ वाली आग्नेय शैल पर अपरदन के बाद स्थलाकृति (आयताकार) का आविर्भाव जब आग्नेय शैल की सन्धियाँ स्तम्भ के रूप में (Columnar jointing) होती हैं तो सतह पर षट्भुज (Hexagonal) के आकार की आकृतियाँ बन जाती हैं। यह चित्र 24 से स्पष्ट हो जाता है।

जब परतदार कमजोर शैल में नावा-गुम्बद का प्रवेश होता है तो अपरदन के बाद मुलायम शैल कट जाती है तथा अपेक्षाकृत अवरोधक (Resistant) शैल भाग सक्ने एवं लम्बे कटक (Ridge) में बदल जाता है। इस प्रकार से बने स्थलरूप को “हागबैक” (Hogback) कहते हैं। हागबैक एक लम्बी एवं पतली श्रेणी (Ridge) के रूप में होता है जिसका डिप (Dip) एवं ढाल दोनों खड़े (Steep) होते हैं। इसी प्रकार क्वेस्टा (Questa) का भी निर्माण



चित्र 24—स्तम्भाकार संधि वाली आग्नेय शैल पर षट्भुज के आकार वाले स्थलरूप का आविर्भाव।

होता है। क्वेस्टा एवं हागबैक में अन्तर यह होता है कि क्वेस्टा का ढाल एवं डिप (Dip) खड़े ढाल वाला नहीं होता है वरन् झुका होता है। क्वेस्टा एक स्पेनिश शब्द है जिसका तात्पर्य होता है पहाड़ी श्रेणी।

लैकोलिय के साथ परतदार शैल की परतों के बीच लावा की चादर (Sheet) का प्रवेश हो जाता है। ये चादर परतदार शैल से कठोर होती हैं तथा अपरदन के बाद ये अवरोधक चादर (Resistant Sheets) छोटे-छोटे हागबैक में बदल जाती हैं, जैसा कि चित्र 25 से स्पष्ट है। इस प्रकार विभिन्न आग्नेय शैल पर विभिन्न परिस्थितियों में तरह-तरह के स्थलरूपों का गृजन होता है।



चित्र 25—आभ्यान्तरिक लावा-चादर द्वारा (अपरदन के बाद) हागबैक का निर्माण।

### ग्रेनाइट स्थलाकृति

सामान्य रूप में ग्रेनाइट अपेक्षाकृत कठोर शैल होती है, जिससे ‘स्थूल स्थलाकृति’ (Bold topography) का निर्माण होता है। सधियों के कारण छप्प ताप पर उत्पन्न बड़े-बड़े टुकड़ों में विघटन (Block disintegration) तथा उत्पन्नाई जलवायु में गहराई तक रासायनिक अपक्षय होता है। रासायनिक अपक्षय का प्रभाव जलविभाजकों के नीचे अधिक तथा घाटियों के नीचे नगण्य होता है। स्परणोर है कि ग्रेनाइट के भौतिक अपक्षय में प्राप्त मूलवा महीन आकार का होता है, परिणामस्वरूप उसमें अपरदन-सामर्थ्य (Erosional capacity) कम होती है, जिस कारण ग्रेनाइट का अपरदन कम हो पाता है, और यदि होता भी है तो वह विशेषात्मक अपरदन (Differential erosion) के रूप में सम्पादित होता है। वास्तव में ग्रेनाइट की सन्धियों तथा उनके फासले (Spacing) का अपरदन एवं अपक्षय पर महती प्रभाव होता है। ग्रेनाइट की सधियों की आयताकार प्रणाली के फलस्वरूप आयताकार प्रवाह-प्रणाली का विकास होता है। स्थलरूपों में टॉर्स (Tors) सर्वम अधिक महत्त्वपूर्ण होते हैं, जिनकी उत्पत्ति की समस्या गहनमयी बनी हुई है।

ग्रेनाइट शैल के अनाच्छादन (Denudation) के फलस्वरूप छोड़े गये टुकड़ों के समूह को, जो कि सामान्य सतह से ऊपर उठे इस तरह दृष्टिगत होते हैं, जैसे कि

उन्हे किसी ने सजा दिया हो, टार कहते हैं। दूर से देखने पर ये टार महज जैसे दीखते हैं। उल्लेखनीय है कि टार न केवल ग्रेनाइट शैल पर ही निर्मित होते हैं, अपितु अन्य शैलों पर भी इनका निर्माण हो जाया करता है (क्वाटर्-जाइट, डोलेराइट, ग्रिट, लाइमस्टोन आदि)। टार के रूप एवं आकार तथा स्थिति में पर्याप्त अन्तर पाया जाता है। कुछ टार मिथुरी पर मिलते हैं जिनको गगनरेखी टार (Skyline tor) कहते हैं तथा कुछ टार घाटियों के पार्श्वभाग में मिलते हैं जिनको घाटी पार्श्व टार (Valley side tor) कहते हैं। आकार की दृष्टि से टार दो तरह के होते हैं—(i) घनाभ या आंशिक गोलाकार (Cuboidal or partly rounded) टुकड़ों से निर्मित टार तथा (ii) गोलाकार या गुम्बदाकार टुकड़ों से निर्मित टार। ग्रेनाइट गुम्बदों के ऊपर मिलने वाले टार का सूक्ष्मरूप उदाहरण मध्य रांची पठार पर 'हुटी' ग्राम के पास स्थित गुम्बद के ऊपर तथा उसके पार्श्व पर देखा जा सकता है। गगनरेखी टार तथा स्थलस्थित टार पियोरिया ग्राम (मध्य रांची पठार) के पास 'मुद्रा पहाड़' पर देखे जा सकते हैं जहाँ घनाभ तथा गोलाकार ग्रेनाइट-ब्लॉक के बने हैं। रांची शहर के समीप 'काके गुम्बद' के ऊपर लट्टों के समान लम्बे-लम्बे ग्रेनाइट-ब्लॉक के टार निर्मित हैं। हुण्डर घाघ प्रपात के नीचे हवर्गरेखा नदी की घाटी के सहारे घाटी-पार्श्व टार का निर्माण हुआ है।

### टार के निर्माण सम्बन्धी सिद्धान्त

टार के निर्माण के विषय में पर्याप्त मतभेद है, परन्तु इतना तो निश्चित है कि इनके निर्माण में प्रमुख हाथ अनाच्छादन तथा शैल की सन्धियों के रूप एवं घामने का होता है। मतभेद जवन् उमर निर्माण-सम्बन्धी प्रक्रमों के विषय में ही है। डम्पेण्ड के डार्टमूर के टार की उत्पत्ति के विषय में निम्न सिद्धान्त उल्लेखनीय हैं।

(i) पेडीप्लेनशन सिद्धान्त (Pedeplanation Theory)—किंग<sup>1</sup> ने टार की तुलना अफ्रीका के अर्द्ध-शुष्क प्रदेशों में निर्मित पेडीप्लेन पर पाये जाने वाले गोलाकार इन्सेसबर्ग या कैमिल कापियों (Castle Koppies) से की है तथा बताया है कि टार का निर्माण

डेविम द्वारा प्रतिपादित सामान्य अपरदन-चक्र के दौरान होने वाले सरिता-अग्र कर्तन (Stream incision) तथा जल विभाजकों के लुप्त होने के कारण नहीं होता है, बल्कि इनका निर्माण लम्बे समय तक होने वाले अप-क्षय के कारण होता है। किंग के इस वक्तव्य में कुछ तथ्य स्वीकृति योग्य नहीं हैं।

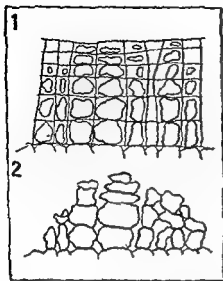
(ii) पेडीप्लेन की परिच्छेदिका अवतल होती है, जबकि डार्टमूर के जिन भागों पर ऊपर टार दृष्टिगत होते हैं, उनमें ढाल वाला है। (ii) अफ्रीका की स्थलाकृति को ही पेडीप्लेनशन का प्रतिफल मानी गीम नहीं मानते हैं। वास्तव में अफ्रीकी विविष्ट स्थलाकृति का निर्माण ही अपक्षय तथा परिवहन के विविष्ट प्रक्रमों द्वारा हुआ माना जाता है।

(iii) अधः अपक्षय सिद्धान्त (Deep Weathering Theory)—लिटन<sup>2</sup> ने 1955 में टार के निर्माण में अपक्षय की सर्वाधिक महत्वपूर्ण बताया। लिटन के अनुसार टार के निर्माण में दो अवस्थाएँ होती हैं। (i) प्रारम्भिक अवस्था में उष्णार्द्र जलवायु-दशा में ग्रेनाइट का गहराई तक अपक्षय होता है जिस कारण चट्टान का विघटन एवं वियोजन होता है। यह विघटन चट्टान के जोड़ों (सन्धियों) के पासने पर आधारित होता है। जब सन्धियाँ पाम-पाम होती हैं तो समस्त चट्टान का जल-स्तर तक नाश हो जाता है, परन्तु जब सन्धियाँ दूर-दूर होती हैं तो विघटन के कारण घनाभ प्रस्तर खण्ड (Cuboidal blocks) का निर्माण होता है। उनके बीच में बारीक पदार्थ निहित होते हैं। (ii) द्वितीय अवस्था में इन बारीक पदार्थों का परिवहन परिहिमानी प्रक्रमों (Periglacial processes) द्वारा हो जाता है। परिणामस्वरूप ये घनाभ प्रस्तर खण्ड सतह के ऊपर टार के रूप में दृष्टिगत होते हैं।

(iii) परिहिमानी सिद्धान्त (Periglacial Theory)—पामर तथा नेल्सन<sup>3</sup> ने टार के निर्माण के विषय में परिहिमानी जलवायु तथा प्रक्रमों को सर्वप्रमुख बताया है। प्रारम्भ में ग्रेनाइट सतह पर स्थित मृदा (Soil) का मृदासर्पण (Solifluction) की क्रिया द्वारा परिवहन हो जाता है और ग्रेनाइट सतह नून हो जाता है, जिन पर हिमीकरण हिमदबण (Freeze

- 1 King, L. C., 1958 "Correspondence on the problem of tors", Geogr. J. 124, pp 389-91
- 2 Linton D. L., 1955 : "The problem of tors", Geogr. J., pp. 470-87.
- 3 Palmer, J. and Neilson, R. A., 1962 "The origin of granite tors, Dartmoor, Devonshire", Proc, Yorks Geol. Soc., 33, pp 315-40

thaw) के कारण तुषार अपक्षय (Frost weathering) प्रारम्भ हो जाता है। तुषार अपक्षय ऊँचे



चित्र 26—लिण्डन के अनुसार टार का निर्माण।

भागों खासकर पहाड़ियों के ऊपर अधिक होता है तथा घाटियों में अत्यधिक कम होता है। तुषार अपक्षय की मात्रा तथा सक्रियता पर ग्रेनाइट की सधियों का भी असर होता है। जहाँ पर ग्रेनाइट विभिन्न शक्ति वाली होता है, वहाँ पर विभेदात्मक अपक्षय (Differential



चित्र 27—पामर तथा नेल्सन के अनुसार टार का निर्माण।

weathering) होता है। मृदास्पर्श के कारण विभिन्न पदार्थों का पघलन हो जाता है तथा ग्रेप प्रस्तर खण्ड टार का रूप ले लेते हैं। जहाँ पर ग्रेनाइट समान शक्ति वाली होती है वहाँ पर टार का निर्माण सम्भव नहीं हो पाता है। कपार निवर्तन (Scarp retreat) के कारण भी टार का नाश हो जाता है।

**राँची-टार की उत्पत्ति**—राँचा पठार पर ग्रेनाइट-नीम संरचना पर अनेको टार का निर्माण हुआ है जिनकी उत्पत्ति के विषय में सविन्द सिंह (1977) ने अपनी संकल्पना का प्रतिपादन किया है। प्रथम अवस्था—धारवार ब्रम की चट्टानों में ग्रेनाइट बैथोलिथ (किम्पार युक्त) का जब प्रवेश हुआ तो शीतलन के कारण जनिष्ठ संकुचन के फलस्वरूप उत्पन्न तनन-विकृति (Tensile stress) के कारण प्रारम्भिक सधियों का निर्माण हुआ। द्वितीय अवस्था—अनवरत अपक्षय तथा अपरदन के कारण ऊपरी धारवार आवरण हट गया जिस कारण ग्रेनाइट बैथोलिथ सतह पर प्रकट हो गये। इन बैथोलिथ के अनावरण में गहराई तक अग्र अपक्षय (Deep basal weathering) का भी हाथ रहा होगा। ऊपर के आवरण के हट जाने के कारण जनिष्ठ दाब-मुक्ति के फलस्वरूप ग्रेनाइट शैल में विस्फारण (Dilatation) होने से बैथोलिथ के ऊपर की ओर प्रतिक्षेपण (Recoil) होने के कारण सधियाँ और अधिक विस्तृत हो गयीं। तृतीय अवस्था—टथियरी युग में उत्थान के कारण बैथोलिथिक गुम्बदों की पूर्ण स्थित सधियों में और अधिक विस्तार हो गया। परिणामस्वरूप चट्टान बड़े-बड़े टुकड़ों में विघटित हो गयीं। दृष्टि धुलन के कारण भौतिक तथा रासायनिक अपक्षय से जनिष्ठ पदार्थ हटा लिए गये जिस कारण ग्रेनाइट के टुकड़े एक दूसरे के ऊपर टार के आकार में एकत्रित हो गये।

## 2 चट्टान के स्तरों की व्यवस्था तथा स्थिति (Arrangement and disposition of rockbeds)

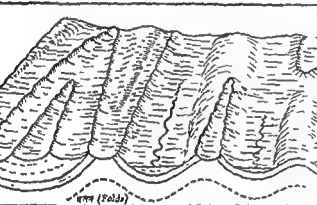
इस पहलू के अन्तर्गत यह देखा जाता है कि चट्टान की परतों का रूप कैसा है, अर्थात् चट्टान के स्तर वलित अवस्था में हैं, क्षणित अवस्था में हैं, गुम्बदीय अवस्था में हैं, या एकदिशित अवस्था में हैं आदि। इस तरह चट्टान की स्थिति द्वारा उच्चावच का सामान्य प्रारूप (General pattern) निर्दिष्ट होता है।

**वलित संरचना (Folded structure)**—सम्पीडनात्मक बल के कारण अवसादी शैल की परतें वलित होकर अपवर्ति (Anticlines) तथा अभिनर्ति में बदल जाती हैं। परन्तु कभी-कभी बलन में जटिलता के कारण संरचना अन्यन्त जटिल हो जाती है। सामान्य रूप में प्रारम्भ में वलित संरचना पर जासीनुस प्रवाह प्रणाली (Trellis drainage pattern) का आधिपत्य होता है, जिनके अनर्गत अनुवर्ती (Consequent), परवर्ती

(Subsequent), प्रत्यनुवर्ती (Obesquent), नवानुवर्ती (Resequent), आदि नरिताओं का आविर्भाव होता है। तन्त्रे समय तक अपरदन के कारण उच्चावच प्रतिलोमन (Inversion of Relief) हो जाता है, जिस कारण अपनति के स्थान पर अभिनति तथा अभिनति के स्थान पर अपनति का निर्माण होता है। चक्र के भ्रंत में अपनतीय कटक (Anticlinal ridges), अपनतीय घाटियाँ (Anticlinal valleys), अभिनतीय कटक (Synclinal ridges), अभिनतीय घाटियाँ (Synclinal valleys) एकदिग्नत कटक (Homoclinal ridges) तथा एकदिग्नत घाटियाँ (Homoclinal valleys) का निर्माण होता है। इस तरह की स्थलाकृति का विकास जुरा पर्वत तथा द० अफ्रेणियन पर्वत पर हुआ है। विशेष अध्ययन के विष

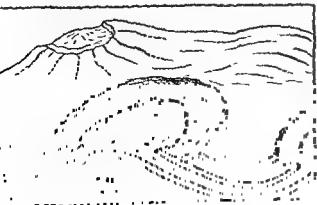
पटन विरूपण (Diastrophism) के कारण धरातलीय भाग में उत्संबलन (Upwarping) में कारण उभार होने से तथा द्वितीय, आग्नेय शील के धरातल के नीचे प्रदेश के कारण। तन्त्रे समय तक अनाच्छादन के चलते रहने से निचली भरचना धुल जाती है, जिस पर हागबैंक, बवेस्टा तथा कटक का निर्माण होता है। उत्संबलन के कारण उत्पन्न गुम्बदीय संरचना पर अरीय या केन्द्रत्यगी प्रवाह-प्रणाली (Radial or Centrifugal drainage Pattern) का विकास होता है जिसके अन्तर्गत ढाल के अनुसार प्रवाहिन होने वाली अनुवर्ती, परवर्ती, प्रत्यनुवर्ती तथा नवानुवर्ती सरिताओं का निर्माण होता है। अपरदन के कारण हागबैंक तथा बवेस्टा का निर्माण होता है। विशेष अध्ययन के लिए देखिये अध्याय 21 का शीर्षक गुम्बदाकार पर्वत पर नदीय अपरदन चक्र।

भ्रंशित संरचना (Fault-structure)—भ्रंशन की प्रक्रिया के अन्तर्गत भ्रंश रेखा (Fault Plane) के सहारे चट्टानी स्तर के विभिन्न गति में संबलन के कारण कई प्रकार के भ्रंश का निर्माण होता है। यहाँ पर सामान्य भ्रंश तथा ग्रावेन का उदाहरण लिया जा रहा है। सामान्य भ्रंश के अन्तर्गत भ्रंश रेखा के सहारे एक खण्ड नीचे सरक जाता है जिस कारण भ्रंश कगार (Fault Scarp) का निर्माण होता है। यह स्थलरूप निम्नचय ही संरचनात्मक

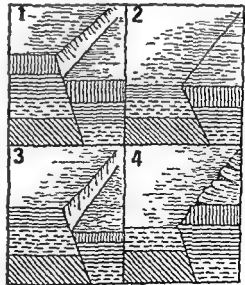


चित्र 28—वलि संरचना पर स्थलाकृति का विकास। देखिये अध्याय 21 का 'वलि पर्वत पर स्वाकृतिक चक्र' शीर्षक।

गुम्बदीय संरचना (Domal structure)—गुम्बदीय संरचना का आविर्भाव प्रायः दो रूपों में होता है—प्रथम

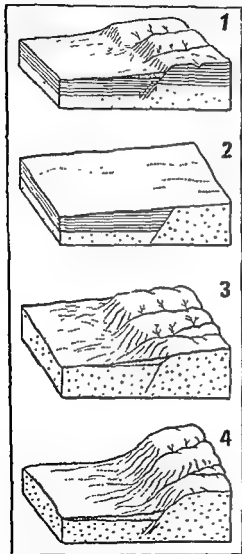


चित्र 29—गुम्बदाकार संरचना पर स्थलाकृति का विकास।



चित्र 30—भ्रंश रेखा कगार के प्रकार तथा उनकी उत्पत्ति। 1. सामान्य या अनुवर्ती, 2. अपरदन कगार, 3. नवानुवर्ती, 4. प्रत्यनुवर्ती भ्रंश रेखा कगार।

(Structural) है। इस पर अपरदन होने से विभिन्न प्रकार के अपरदनात्मक दृश्यरूपों का निर्माण होता है। इनमें प्रमुख हैं—1. सामान्य या अनुवर्ती छंश रेखा कगार (Consequent fault line scarp)—भ्रंश निर्माण के बाद अधक्षेपित खण्ड (Down thrown block) पर अपरदन के कारण कमजोर जगहों पर कट जाने से सामान्य भ्रंश रेखा का निर्माण होना है।



चित्र 31 मिथ्र कगार के निर्माण की प्रवस्थाएँ

1 भ्रंश कगार का निर्माण, 2 अपरदन द्वारा भ्रंश कगार का विलयन, 3 अपरदन के नवीनीकरण (Renewal) के कारण नवानुवर्ती कगार का निर्माण तथा 4 भ्रंश के कारण भ्रंश कगार का निर्माण।

इस अपरदनात्मक कगार की दिशा भौतिक भ्रंश कगार के अनुवर्ती होती है 2 प्रत्यनुवर्ती (Obsequent) छंश रेखा कगार—इसकी गति भौतिक भ्रंश कगार की विपरीत दिशा में होती है। इसका निर्माण उत्क्षेपित खंड (Upthrown block) पर कोमल चट्टान के कट जाने से होता है। इसका निर्माण बाद में होता है जिस कारण ऊँचाई में गिरावट आ जाती है। 3 नवानुवर्ती (Resequent) छंश रेखा कगार का निर्माण और बाद में इस समय होत है जबकि अपरदन होने से प्रत्यनुवर्ती कगार की दिशा में पूर्ण विरोध (Reversal) स्थिति आ जाती है। इसका निर्माण तभी हो सकता है जबकि आधारभूत (Base level) में गिरावट आ जाए तथा निम्नवर्ती अपरदन (Downward erosion) सक्रिय हो जाए। इसकी दिशा वही होती है जो कि अनुवर्ती कगार की तथा दोनों दखन में एक में लगते हैं तथा उनमें अन्तर स्थापित करना कठिन हो जाता है। 4. मिश्रित (Composite) छंश रेखा कगार—जब कोई पृष्ठीय कगार का कुछ भाग भ्रंश सतह (Fault surface) वाला होता है तथा शेष भाग अपरदनात्मक सतह वाला होता है तो उसे जट्टन (1917) ने मिश्रित छंश रेखा कगार की संज्ञा प्रदान की है। इस तरह के कगार का निर्माण उस समय होता है जबकि भ्रंश के कारण छंश कगार (Fault scarp) के बन जाने के बाद भ्रंश की क्रिया स्थापित हो जाती है तथा अधक्षेपित खण्ड में काफी नीचे तक कोमल गैल होती है, परिणामस्वरूप लम्बे समय तक अपरदन के कारण कगार का नीचे की ओर विस्तार हो जाता है और ऊपरी भाग भ्रंश जनित (Faulted) होता है तथा निचला भाग अपरदन जनित (Eroded) होता है। मिश्रित कगार का निर्माण दूसरी तरह भी हो सकता है। भ्रंश के कारण छंश कगार का निर्माण होता है। बाद में अपरदन के कारण भ्रंश कगार का गौर हो जाता है। पुनः अपरदन के जारी रहने में नवानुवर्ती (Resequent) छंश रेखा कगार का निर्माण होता है। इसी बीच भ्रंश पुनः सक्रिय हो जाती है जिस कारण पहले वाली दिशा में ही अधक्षेपित खण्ड और नीचे सरक जाता है जिस कारण मिश्र कगार का निर्माण होता है जिसमें उपर अपरदन जनित कगार तथा नीचे भ्रंश जनित कगार होते हैं।

5 पुनर्जीवित (Resurrected) या अनावृत (Exhumed) छंश रेखा कगार—कुछ विशेष परिस्थितियों में भ्रंश कगार के निमित्त हो जाने के बाद

उत्थ्रेणित ब्लॉक (Upthrown block) के सामान्य अपरदन में प्राप्त अवसाद के कारण कगार (Scarp) ढक जाने के कारण तिरोहित हो जाता है, परन्तु बाद में अपरदन के कारण मलवा के आवरण के हटा लिये जाने के कारण पूर्व निर्मित कगार पुन दृष्टिगत होने लगता है। इस तरह के कगार को पुनरुज्जीवित या अन्वृत कगार कहते हैं।

समतल या एकदिग्गत संरचना (Uniclinal Structure)

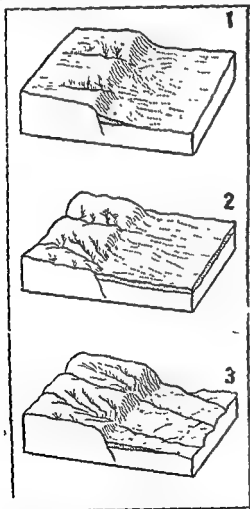
सममत (Homoclinal) या एकदिग्गत संरचना उसे कहते हैं जिसमें सामान्य प्रादेशिक झुकाव (General

regional tilt) के कारण चट्टानों के स्तरों में समान कोण पर झुकाव हो गया हो। इस संरचना का अस्तित्व अत्यधिक गहराई तक रहता है तथा कई प्रकार की चट्टानें इसमें प्रभावित होती हैं। कठोर तथा कोमल शैलें समान रूप से इस संरचना में पायी जाती हैं तथा कभी-कभी उनकी स्थितियाँ एकान्तर (Alternate) रूप में पायी जाती हैं। ऐसी स्थिति में विरोधक अपरदन (Differential erosion) अधिक होता है, परिणामस्वरूप कोमल शैल के सहारे नदिगर्भ अपना मार्ग बनाती हैं (जैसे यदि कोमल मृत्तिका—Clay तथा असंगठित रेत—Incoherent sand के साथ बालुका-प्रन्तर, चूनाप्रस्तर आदि श्रम में पाये जायें) तथा नतलिम्ब घाटियाँ (Strike vales) बन जाती हैं और कठोर चट्टानें अपरदन में कम प्रभावित होने के कारण ऊपर उठी रहती हैं, जिसमें हागबैंक, बबेस्टा तथा बटक (Ridge) बन जाते हैं। प्रवाह प्रणाली का रूप जालीनुमा (Trellis) हो जाता है।

3 चट्टान का समठन या स्तर शैल विज्ञान सम्बन्धी विशेषताएँ (Composition and lithological Characteristics)

इस पहलू के अन्तर्गत चट्टान की रासायनिक बनावट, कठोरता (मर्याद), प्रवेश्यता, रधता, आदि का अध्ययन किया जाता है। वास्तव में यदि शैल का स्वभाव उल्कावर्ण के सामान्य रूप की निमित्त करता है तो शैल समठन या स्तर शैल विज्ञान सम्बन्धी विशेषताएँ स्थलाकृतिक बारीकियों (Topographic details) का निर्माण करती हैं।

चट्टान की घोरता—चट्टान की कठोरता सापेक्ष (Relative) होती है। कोई चट्टान किसी परिस्थिति में कठोर (Resistant) हो सकती है और वही दूसरी परिस्थिति में कमजोर हो सकती है। जैसे चूना प्रस्तर (Limestone) उष्णार्द्र प्रदेश में जल के कारण (घुलन क्रिया) कमजोर हो जाता है, परन्तु उष्ण शुष्क प्रदेश में जल का अभाव में अपघातक बर्बर होता है। सामान्य रूप में कोमल शैल का अपरदन कठोर शैल में अधिक होता है। मृत्तिका (clay) का शीघ्र अपरदन हो जाने से निम्न भाग या बेसिन का निर्माण होता है परन्तु यह स्थिति तभी सम्भव हो सकती है जबकि मृत्तिका की स्थिति कठोर चट्टानों के बीच होती है। क्षरित शैल पर ऊर्मिल पृष्ठ (Rolling surface) वाली स्थलाकृति का निर्माण होता है। इसका ही मही, इस पर धरातलीय जल के झुप हो जाने के कारण विविध स्थलाकृति का निर्माण



चित्र 32—पुनरुज्जीवित कगार के निर्माण की अवस्थाएँ  
1. भ्रंश कगार का निर्माण, 2 मलवा के कारण भ्रंश कगार का तिरोहित होना तथा 3. अपरदन के कारण मलवा के अनावरण में कगार का पुन दृश्य होना।



होता है। इसके विपरीत अपेक्षाकृत कठोर शैल पर दृढ़ स्थलाकृति (Bold Topography) का निर्माण होता है। यदि सभी स्थितियाँ समान रहे तो कठोर शैल पर उच्च स्थलरूपों का निर्माण होता है परन्तु लम्बी अवधि तक अपरदन के कारण इसका भी नाश हो जाता है तथा ममतलप्राय मतह का निर्माण होता है।

**रासायनिक संरचना**—नूना प्रस्तर में कैल्शियम कार्बोनेट की अधिकता के कारण घुलनशीलता अधिक हो जाती है जिस कारण उस पर जल का प्रभाव शीघ्र हो जाता है। धरातलीय मतह पर भिन्न होना के जरिये जल नीचे चला जाता है और उस तरह के ऊपर तथा नीचे विशिष्ट प्रकार की स्थलाकृति का निर्माण हो जाता है, जिसे कार्टर्ड स्थलाकृति कहते हैं।

**भेद्यता-अभेद्यता**—(Permeability Impermeability)—भेद्य या प्रवेश्य शैल पर मतह पर जल कम रह पाता है क्योंकि जल रिम कर नीचे चला जाता है और मतह पर बाहरी जल (Run off) की स्थूलता हो जाने से अपरदन कम हो पाता है, उदाहरण के लिए चूना प्रस्तर, डोलोमाइट तथा खरिया शैल। इसके विपरीत अभेद्य या अप्रवेश्य शैल में जल के कम रिसने के कारण मतह पर बाहरी जल की अधिकता होने से अपरदन का कार्य बढ़ जाता है।

**स्तरीकरण (Stratification)**—गंद शैल में स्तरों (Beds) का विकास हो गया है और स्तर कठोर तथा क्षीय हैं, जैसे कि बालुका प्रस्तर, तो उस पर मेज के आधार वाली स्थलाकृति (Tabular topography) बन जाती है। यदि बालुका प्रस्तर तथा शैल (Shale) क्रम से ऊपर-नीचे स्तरीकृत अवस्था में मिलते हैं तो सोपानाकार स्थलाकृति (Step like-scarp and bench topography) का निर्माण होता है। यदि शैल कठोर, अभेद्य तथा अघुलनशील है तो उस पर गोलाकार स्थलाकृति (Rounded Topography) बन जाती है। कठोर क्वार्ट्ज-जाइट पर दाँताकार स्थलाकृति (Tooth-like topography) का निर्माण होता है।

यदि मुलायम शैल के ऊपर प्रतिरोधी शैल का आवरण छत्रक शैल (caprock) के रूप में होता है तो तीव्र ढाल वाले कगारों का निर्माण होता है। भाण्डेर पठार (चित्र 15, अध्याय 2), रीवा पठार तथा रोहताम पठार के ऊपरी भाग पर विषयन युग के बालुका प्रस्तर का मोटा आवरण पाया जाता है जिसके नीचे शैल (shale) तथा चूना प्रस्तर का जमाव मिलता है। परिणामस्वरूप

इन प्रदेशों में बृहत् खड़े ढाल वाले कगारों का निर्माण हुआ है। दामोदर बेसिन में सुपु पहाड़ी, मोरचा तथा सह्यद्री पहाड़ियों के शीर्ष भाग लपाट तथा चौरम हैं जो शोण्डवाना युग के बालुका प्रस्तर का बना है। इस आवरण के नीचे कमजोर शैल पायी जाती है। परिणाम-स्वरूप इन पहाड़ियों के चारों ओर तीव्र ढाल वाले कगारों का निर्माण हुआ है। जहाँ पर ग्रेनाइट-नाम के ऊपर बेसाल्ट का आवरण है वहाँ पर तीव्र ढाल (90°) वाले कगारों का निर्माण हुआ है। छोटानागपुर के पाट प्रदेश में इस तरह के कगार जमीरा पाट, नेतगुहाट पाट, खमार पाट आदि मेसा के किनारों पर निर्मित हुए हैं।

**शैल संधि (Rock jointing)**—सामान्य रूप में यह माना जाता है कि स्थल रूपों के लघु तथा बृहत् (micro and macro) रूपों को प्रभावित करने वाली शैल सम्बन्धी विशेषताओं में शैल संधि सर्वाधिक महत्वपूर्ण होती है। शैल संधि का प्रभाव भौतिक तथा रासायनिक दोनों तरह के अवलय पर होता है। अपरदन पर भी शैल संधि का प्रत्यक्ष तथा अप्रत्यक्ष दोनों तरह से प्रभाव होता है। पूर्ण विकसित संधियों वाली शैल प्रायः भेद्य होती है जिस कारण उसकी सतह पर जल की स्थूलता के कारण अपरदन कम हो जाता है। धरातलीय नदियाँ निश्चय ही संधि रेखा (joint-lines) से प्रभावित ही नहीं नियंत्रित भी होती हैं। आयताकार प्रवाह-प्रणाली के विकास पर संधियों का प्रभाव सर्वाधिक परिणामित होता है जहाँ पर संधियों के सहारे अनेक सेंकें तीव्र पार्श्व वाले प्रदेश द्वार (Inlets) या ज्यों (Geo) बन जाते हैं।

मकलपना 4

भ्वाकृतिक प्रक्रम स्थलरूपों पर अपनी विशेष छाप छोड़ते हैं तथा प्रत्येक भ्वाकृतिक प्रक्रम स्वयं की स्थल-रूपों का विशिष्ट समुदाय विकसित करता है। [Geomorphic processes leave their distinctive imprints upon landforms and each geomorphic process develops its own characteristic assemblage of landforms]

**भ्वाकृतिक प्रक्रम (Geomorphic process)**

बुद्ध भू-आकृति विज्ञानवेत्ता भ्वाकृतिक प्रक्रम तथा भ्वाकृतिक कारक (Geomorphic agent) को अलग-अलग अर्थों में प्रयुक्त करते हैं। थार्नबरी के अनुसार भ्वाकृतिक प्रक्रिया (Geomorphic process) उन सभी भौतिक तथा गन्धर्वनिक परिवर्तनों को कहते हैं, जिनके द्वारा धरातलीय मतह प्रभावित होती है। भ्वा कृति

कारक वह प्राकृतिक माध्यम (Medium) होता है जो कि सतह से पदार्थ प्राप्त करने उन्हें परिवहन करने में समर्थ होता है। लेखक के विचार में भ्वाकृतिक प्रक्रम तथा कारक को समानार्थी समझना चाहिए। जिन प्रक्रियाओं या तरीकों से ये प्रथम भूतल पर परिवर्तन लाते हैं उन्हें कार्य विधि (Method of operation) नामावली दी जा सकती है। इन भ्वाकृतिक प्रक्रमों की उत्पत्ति-स्थल के आधार पर तीन वर्गों में विभाजित किया जाता है। 1. पृथ्वी की सतह पर उमड़े वायुमण्डल में उत्पन्न होने वाले प्रक्रमों को बहिर्जात प्रक्रम (Epigene—नामन द्वारा, Exogenous—पेक द्वारा) कहा जाता है। इनमें अन्तर्गत मरिक्ता, भूमिगत जल, हिमानी, परिहिमानी, पवन तथा स्थायी जनभण्डारी (झील, मागर तथा महासागर) की गतियों (तरंग, धारा, ज्वार-भाटा तथा मुनामिस) को सम्मिलित किया जाता है। इन्हें गतिशील प्रक्रम (Mobile process) भी कहा जाता है। क्योंकि ये एक स्थान में पदार्थों को प्राप्त करते हैं उन्हें अन्यत्र जमा करते हैं। ये बहिर्जात प्रक्रम कुछ सीमा तक गुब्बल्व द्वारा प्रभावित होते हैं। 2 पृथ्वी के अन्दर उत्पन्न होने वाले प्रक्रमों को अन्तर्जात प्रक्रम (Hypogene—नामन भीतोदय, Endogeneous—पेक) कहा जाता है। इनके अन्तर्गत पटलविरूपण (Diastrophism) तथा ज्वालामुखी-क्रिया (Vulcanism) को सम्मिलित किया जाता है। 3 कुछ ऐसे प्रक्रम हैं जिनका सम्बन्ध न तो पृथ्वी के बाह्य भाग से है और न ही उमड़े आन्तरिक भाग से। इनमें प्रमुख हैं उल्का (Meteorites)। इसी पृथ्वे-तर प्रक्रम (Extraterrestrial process) कहने हैं। इनमें से बहिर्जात प्रक्रम धरातल पर समतलीकरण (Planation) का काम करते हैं। अर्थात् अन्तर्जात बलों द्वारा धरातल पर उत्पन्न विषमताओं को दूर कर सतह को समतल बनाने का कार्य करते हैं। इस दौरान ये प्रक्रम दो विधियों से समतलीकरण करते हैं— 1. निम्नीकरण (Degradation) की क्रिया—अपक्षय तथा अपरदन क्रियाओं द्वारा। इनमें अन्तर्गत भ्वाकृतिक प्रक्रम अपक्षय तथा अपरदन द्वारा ऊपर उठे भागों को बाट कर निचली ऊँचाई पर समतल (Level down) करने का कार्य करते हैं। इस प्रक्रिया द्वारा प्रदेश की सामान्य ऊँचाई कम हो जाती है। 2 निम्नेपण (Aggradation) द्वारा ऊँचाई पर समतलीकरण (Level up) का कार्य होता है तथा प्रदेश की सामान्य ऊँचाई पर कोई अन्तर नहीं पड़ता है।

## भ्वाकृतिक प्रक्रम

अ. बहिर्जात प्रक्रम (Epigene or Exogenous), समतलीकरण प्रक्रम (Gradational or planation Process) या अनाच्छादनात्मक (Denudational) प्रक्रम

### 1 निम्नीकरण (Degradation)

(i) अपक्षय

(ii) भामृहिक स्थानान्तरण (mass movement of rock waste)

(iii) अपरदन

बहुता जल

भूमिगत जल

तरंग, धारा, ज्वार-भाटा तथा मुनामिस

वायु

हिमानी

परिहिमानी

### 2 निम्नेपण (Aggradation)

बहुता जल

भूमिगत जल

तरंग, धारा आदि

वायु

हिमानी

## ब. अन्तर्जात प्रक्रम (Hypogene or Endogeneous)

### 1 पटलविरूपण (Diastrophism)

(i) महादेगजनक प्रक्रम (Epeirogenetic)

(ii) पर्वत प्रक्रम (Orogenetic)

### स पृथ्वेतर (Extra terrestrial process)

उल्का पात

प्रक्रमों की कार्य विधि (Mechanism of the process)—बहिर्जात प्रक्रमों में अपरदन करने वाले कारकों को अपरदनात्मक प्रक्रम (Erosional process) कहा जाता है तथा स्थानान्तरण के निर्माण में समकदा महत्त्व सर्वाधिक होता है। अपक्षय तथा सामूहिक स्थानान्तरण के अन्तर्गत प्रक्रमों की कार्य-विधि का पूर्ण विवरण अध्याय अपक्षय तथा सामूहिक स्थानान्तरण व अन्तर्जात क्रिया जायेगा। अपरदनात्मक प्रक्रमों की क्रिया-विधि का सारिणीबद्ध प्रदर्शन नीचे प्रस्तुत किया जा रहा है—

### प्रक्रम तथा स्थलरूप

उपर्युक्त विवरण से प्रक्रम का स्थानरूप के निर्माण के विषय में प्रभाव तो प्रमाणित हो चुका है परन्तु उमड़े दो पहलुओं—प्रक्रम के कार्य करने की विधि तथा उमड़े

प्राम सफलता का उल्लेख आवश्यक है। दूसरे शब्दों में प्रत्येक प्रक्रम के विषय में यह जानबारी होनी चाहिये कि कोई प्रक्रम विशेष किस रूप में कार्य करता है तथा वह कौन-कौन परिणाम उत्पन्न करता है अर्थात् किस प्रकार के स्थलरूप निर्मित होते हैं। उदाहरण के लिए नदी द्वारा विच्छेदित, वायु द्वारा अपरदित, हिमनद द्वारा हिमानीकृत आदि विवरण प्रत्येक प्रक्रम के कार्य के स्वभाव को इंगित करता है। प्राचीन काल में प्रक्रमों के सामूहिक कार्य तथा परिणामों पर हमें दिया जाता था परन्तु वर्तमान समय में प्रत्येक प्रक्रम का स्थलरूप के निर्माण में अलग-अलग अध्ययन किया जाता है। अर्थात् प्रत्येक प्रक्रम अपने अलग-अलग स्थलरूपों का निर्माण करता है। किसी प्रक्रम विशेष द्वारा निर्मित प्रत्येक स्थलरूप अपनी अलग-अलग विशेषताएँ रखते हैं तथा एक प्रक्रम द्वारा उत्पन्न स्थलरूपों को अन्य प्रक्रमों द्वारा निर्मित स्थलरूपों से अलग किया जा सकता है। उदाहरण के लिए जलोढ़ पर्व, बाढ़ के मैदान, डेल्टा, प्राकृतिक भित्ति (Natural levees), नदी विसर्प (River meanders) आदि नदी के कार्य के प्रतिकूल हैं, घोल-रध (Sink holes), डोलाइन, गुफाएँ, स्टेलेकटाइट एवं स्टैलेगमाइट आदि भूमिगत जल द्वारा निर्मित स्थलरूप हैं। बालुका-स्तूप (Sand dunes), लोयम आदि वायु के कार्य को इंगित करते हैं और हिमोढ़ (Moraines) हिमनद, एस्कर आदि हिमानीकृत स्थलाकृतियों के परिचायक हैं। इस तरह प्रत्येक प्रक्रम द्वारा अलग-अलग उत्पन्न स्थलरूपों तथा उनकी निश्चित वस्तु एक दूसरे से अलग विशेषताओं द्वारा स्थलरूपों के आनुवर्गिक वर्गीकरण

(Genetic classification) में पर्याप्त सहायता मिलती है। भू-आकृति विज्ञान के क्षेत्र में इस पद्धति तथा विचार-धारा का सूत्रपात डेविम महोदय के द्वारा किया गया है। गणनात्मक रूप से भूपटल के स्थलरूपों को कुछ विभिन्न नामावलि (Terms) द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है। उदाहरण के लिए मैदान कटक (Ridge), गार्न, ढाल, बगार (Scarp), स्तम्भ (Column); ढेर (Mound), टेवुल गतिका या गर्त, घाटी नाद या खड्ड (Troughs), छिद्र या रध, गुफाएँ, स्तूप (Dune), सीपान, वेदिकाएँ। ये शब्द सामान्य रूप में स्थलरूपों का बोध कराते हैं परन्तु इनसे उनकी उत्पत्ति या भू-वर्गिक इतिहास का पता नहीं चल पाता है। अर्थात् इनका किस प्रक्रम द्वारा निर्माण हुआ? कब हुआ तथा किस अवस्था में हुआ? आदि प्रश्नों का समाधान नहीं हो पाता है। यदि इन स्थलरूपों के साथ उनके प्रक्रम का उल्लेख कर दिया जाय तो उनका विवरण साफ स्पष्ट हो जाता है। उदाहरण के लिए मैदान के साथ अगर बाढ़ लगा दिया जाय तो बाढ़ के मैदान (Flood plain) द्वारा ज्ञात होता है कि इस स्थलरूप का निर्माण तथा विकास नदी द्वारा बाढ़ के समय मलबा के जमाव या निक्षेप से हुआ है। इस तरह की नामावली प्रायः वर्णनात्मक हो जाती है जिससे स्थलरूप की उत्पत्ति तथा भू-वर्गिक इतिहास का पूर्णतया बोध हो जाता है। इसे ही आनुवर्गिक (जर्नलिक) वर्गीकरण कहा जाता है। इसी प्रकार अन्य उपर्युक्त स्थलरूपों के साथ उनके निर्माणक प्रक्रम को जोड़-कर उन्हें निम्नरूपों में उपस्थित किया जा सकता है—बाढ़ का मैदान, शूकर कटक

#### अपरदनात्मक प्रक्रम-कार्य विधि

प्रक्रम	मार्ग में पदार्थ की प्राप्ति विधि	मार्ग में अपरदनात्मक पदार्थों द्वारा अपरदन विधि	मार्ग में पदार्थों को आपस में टकराकर टूटन विधि	परिचरित विधि
1. बहता जल	जलगत क्रिया	अपघर्षण, घुलन	सन्निघर्षण	ट्रैक्शन, मास्टेशन निलम्बन, घोल, तैराव
1. भूमिगत जल		घुलन		घुलन
3. तरंग	जलगत क्रिया	अपघर्षण, घुलन	सन्निघर्षण	बहते जल की सभी विधि
4. पवन	उड़ाव (डिप्लेशन)	अपघर्षण	सन्निघर्षण	ट्रैक्शन, मास्टेशन निलम्बन
5. हिमानी	Scouring	अपघर्षण	सन्निघर्षण	ट्रैक्शन, निलम्बन

नोट - अपरदनात्मक कार्य-विधि के विस्तारण के लिए अध्याय 20, 22, 23, 24, तथा 25 से विवरण प्राप्त किया जाय।

(Hogback ridge), नदी गार्ज, गगार भ्रज (Fault scarp), V आकार की घाटी घोल-रन्ध्र, बालुवा नुप (Sand dunes), तरंगकृत मोरान (Wave-cut benches), दैत्याकार मोरान (Giant benches-Glaciated), नदी बेदिकाये जनज गनिका (Pot holes) आदि। भूवैज्ञानिक प्रक्रमों की क्रिया विधि एवं उत्पन्न स्थलवैज्ञानिक विशेषताओं के विस्तृत विवरण के लिए देखिये इसी पुस्तक के अध्याय 20 22 23, 24 25 तथा 26

यह उल्लेखनीय है कि स्थलरूपों में उत्पन्न प्रक्रमों (नदी, हिमनद, परिहिमार्त, पवन, सागरीय तरंग) का निम्नीकरण-कार्य (Degradational work) ही अधिक प्रभावशाली होता है परन्तु प्रत्येक प्रक्रम के क्रियाशील होने अथवा अपरदन करने की एक सीमा होती है। इस सीमा को निम्नतम रेखा या आधार-तल कहा जाता है। विभिन्न प्रक्रमों का आधार-तल भिन्न-भिन्न होता है। नदी तथा सागरीय लहंगे का आधार-तल, सागर-तल या सागर की उपरी मतल होती है। यद्यपि एक ही नदी में कई उप आधार-तल या स्थायी आधार-तल होते हैं परन्तु प्रत्येक नदी का एक स्थायी आधार-तल होता है, जो सागर-तल द्वारा ही निर्धारित होता है। अन्य प्रक्रमों के आधार-तल का निश्चयना के साथ निर्धारण करना कठिन कार्य है।

### संकेतना 5

जैसे ही भूतल पर विभिन्न अपरदनकारक कारक कार्यरत होते हैं, क्रमिक स्थलरूपों, जिनके विकास की क्रमिक अवस्थाओं में विलिप्त विशेषताएँ होती हैं, का निर्माण होता है। As the different erosional agencies act upon the earth's surface there is produced a sequence of landforms having distinctive characteristics at the successive stages of their development—Thornbury]

अब हम देखेंगे कि कोई प्रक्रम किसी भूवैज्ञानिक युनिट पर किस अवस्था में कार्य कर रहा है? अर्थात् किसी स्थल-गुण्ड पर प्रक्रम के कार्य की अवधि क्या रही है? यद्यपि अवधि का सही निर्माण विज्ञान कठिन कार्य है तथापि सञ्जीवन के लिए उमरा Radio active dating द्वारा पता लगाया जा सकता है। विभिन्न प्रकार के प्रक्रम किसी स्थल-गुण्ड पर विभिन्न अवस्थाओं में विभिन्न प्रकार के स्थलरूपों का सृजन करते हैं। डेविड मद्रोड ने उन विचारधारा का प्रतिपादन किया

है कि स्थलरूप अपने विकास की विभिन्न अवस्थाओं में अलग-अलग विशेषताएँ रखते हैं। उन तम स्थलरूपों का विकास, प्रक्रम विशेष द्वारा विभिन्न अवस्थाओं में एक निश्चित पणानी (System) के अनुसार होता है। विकास की ये अवस्थाएँ क्रमिक या उत्तरोत्तर (Successive stages) होती हैं तथा डेविड मद्रोड ने इन्हीं क्रमानुसार तीन अवस्थाओं में विभाजित किया है—1 युवावस्था या तरुणावस्था, 2 प्रौढ़ावस्था तथा 3 जीर्णवस्था या वृद्धावस्था। डेविड की इस नामावली पर पर्याप्त आलोचनाएँ हुई हैं। मानव-जीवन के साथ स्थलरूप के विकास-काल की तुलना नहीं की जा सकती है क्योंकि मानव-जीवन की तीन अवस्थाओं (तरुण प्रौढ़ तथा जीर्ण) का समय प्रायः निश्चित मा होता है तथा एक निश्चित अवधि के बाद एक अवस्था दूसरी अवस्था में परिणित होती जाती है। परन्तु स्थलरूप के साथ ऐसा सम्भव नहीं है, क्योंकि अगर कोई स्थल-गुण्ड कमजोर एवं कम प्रतिरोधी चट्टानों का बना हुआ है तो उस पर अपरदन शीघ्र हो जायेगा तथा प्रक्रम युवावस्था को शीघ्र ही पार करके प्रौढ़ावस्था में चला आयेगा। इसी प्रकार कोई प्रक्रम अधिक समय तक युवावस्था एवं प्रौढ़ावस्था में रह सकता है। इन्हीं कठिनाइयों के कारण वाल्टर पेंक मद्रोड ने अवस्था द्वारा अपरदन-चक्र के पूर्ण होने की क्रिया का विरोध किया है तथा स्थलरूप को संरचना, प्रक्रम एवं अवस्था का प्रतिफल न बताकर उसे स्थल-गुण्ड के उत्थान की दर एवं निम्नीकरण (Degradation) की दर के बीच के सम्बन्धों का प्रतिफल बताया है। उन आपत्तियों तथा आलोचनाओं के होते हुए भी अवस्था ही विचारधारा को अस्वीकृत नहीं किया जा सकता है क्योंकि अवस्था का तात्पर्य किसी निश्चित समय की अवधि में नहीं है वरन् स्थलरूप के विकास-काल में है। अतः अवस्था का "अपरदन-चक्र" में या स्थलरूप के विकास में नैपथ्यिक अर्थ में प्रयोग होता है न कि निरपेक्ष अर्थ में।

प्रत्येक अवस्था का समय एक-सा नहीं हुआ करता है। इसी प्रकार यदि कोई स्थल-गुण्ड पर स्थलरूप अपने विकास की एक-सी अवस्था में है तो यह आवश्यक नहीं है कि सभी स्थल-गुण्डों पर चल रही एक-सी अवस्थाओं का समय समान होगा। पुनः दो स्थल-गुण्ड पर एक ही अवस्था में उनके स्थलरूप यद्यपि समान हो सकते हैं परन्तु यह आवश्यक नहीं है कि एक में हो। यह सभी सम्भव हो सकता है जब कि उपर्युक्त दो स्थल-गुण्डों में प्रायः

प्रारम्भिक धरातल (Initial surface), चट्टानों की सरचना, प्रक्रम तथा जलवायु सम्बन्धी एवं स्थलविष्मण (Dias-trophism) की दशाएँ पूर्णतया एक-सी हैं। स्थानाभाव के कारण यहाँ तीन अवस्थाओं की विवक्षित विवेचना सम्भव नहीं है परन्तु अपरदन के सामान्य चक्र (Normal cycle of erosion) के समय इनका वृहद् उल्लेख किया जायेगा। यहाँ पर सरचना, प्रक्रम तथा अवस्था की पूर्ण व्याख्या के पश्चात् इस सकल्पना की स्थापना की जा सकती है कि—किसी स्थलखण्ड की सरचना पर क्रियाशील प्रक्रम (अपरदन के कारक) द्वारा एक अवस्था में या कई अवस्थाओं में विशेष प्रकार के स्थलरूपों का निर्माण तथा विकास होता है। उदाहरण द्वारा इस तथ्य की प्रमाणित किया जा सकता है—

भूवैज्ञानिक यूनिट के लिये एक ऐसे प्रतिबलित पर्वत को लिया जा सकता है जिसकी परतदार और विभिन्न सरचना क्षती है उदाहरण के लिये वायुवा पत्थर, ग्रेन तथा चूने का पत्थर। यह क्षेत्र, उत्प्लाई जलवायु वाले प्रदेश में है तथा अपरदन का प्रमुख प्रक्रम नदी है एवं चक्र अपनी युवावस्था में है तो डेविस महोदय ने अनुमान जटिल सरचना वाले पर्वतीय भागों में नदी द्वारा (प्रक्रम) युवावस्था में विशिष्ट स्थलरूपों (गार्ज V आकार की घाटी, प्रपात) का निर्माण होगा। यदि उपर्युक्त विवेचना वाले दो अलग-अलग स्थलखण्ड हैं तो उन पर उत्पन्न उच्चावच (समान सरचना पर एवं ही प्रक्रम द्वारा युवावस्था में) समान होंगे। इनमें से किसी भी एक कारक में परिवर्तन करने पर स्थलरूपों में परिवर्तन आ जायेगा। यदि दो स्थलखण्डों में सरचना तथा प्रक्रमसमान है परन्तु प्रथम स्थलखण्ड में निम्नीकरण (Degradation) द्वितीय की अपेक्षा अधिक समय तक हुआ है (अर्थात् अवस्था में परिवर्तन हो गया है) तो प्रथम स्थलखण्ड का उच्चावच द्वितीय की अपेक्षा अधिक प्रौढ़ होगा। इस आधार पर यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि समान सरचना पर समान प्रक्रम द्वारा प्रथम अवस्था में उत्पन्न स्थलरूप युवा या तरण होता है तथा अपरदन के इतिहास या समय के माध्य-माध्य वह प्रौढ़ तथा जीर्ण होता जाता है। इस विवरण के आधार पर डेविस की यह विचारधारा कि स्थलरूप, सरचना, प्रक्रम तथा अवस्था का परिणाम होता है, प्रमाणित हो जाती है।

### संकल्पना 6

स्थलरूपों के विकास में सरलीकरण की अपेक्षा जटिलताएँ अधिक होती हैं [Complexity of Geomorphic evolution is more common than simplicity Thornbury.]

सामान्य परिचय—“सरचना, प्रक्रम तथा अवस्था” की व्याख्या के समय स्थलरूप के निर्माण तथा विकास पर सामान्य रूप से प्रकाश डाला गया है। यहाँ पर इस तथ्य ‘कि स्थलरूप के विकास में साधारणीकरण की अपेक्षा जटिलताएँ अधिक होती हैं,’<sup>1</sup> की ओर प्रोफेसर थॉर्नबरी ने इंगित किया है।<sup>2</sup> मैदानिक रूप में प्रत्येक प्रक्रम द्वारा अलग-अलग विवेकता वाले स्थलरूपों के विकास का उल्लेख तथा अध्ययन किया जाता है परन्तु प्रयोग में यह मूल्य मिश्र नहीं हो पाता है, क्योंकि किसी भी स्थलखण्ड पर केवल एक प्रक्रम ही सक्रिय नहीं होता है वरन् एक से अधिक होते हैं। यह अवश्य होता है कि एक ऐसा प्रभावशाली तथा प्रधान प्रक्रम (Process) होता है जो कि अन्य प्रक्रमों के ऊपर अपना प्रभुत्व स्थापित कर लेता है एवं स्थलरूप के विकास में अपनी विशिष्ट छाप छोड़ देता है। इसी तरह स्थलरूपों का विकास केवल एक ही अपरदन-चक्र का प्रतिकार या परिणाम नहीं होता है, वरन् कई चक्रों का प्रतिकार होता है क्योंकि बहुत कम ही ऐसे स्थलखण्ड हैं, जहाँ पर एक ही चक्र चल रहा हो। परन्तु यह भी तो हो सकता है कि कुछ अवधि के बाद वर्तमान चक्र पूर्ण हो जाय एवं निवृत्त भविष्य में उसी स्थलखण्ड पर द्वितीय चक्र प्रारम्भ हो जाय। फलस्वरूप उत्पन्न स्थलरूपों में विषमताओं एवं जटिलताओं का होना आवश्यक है। यह मूल्य है कि वर्तमान समय में अधिकांश स्थलाकृतियों का मूलन, वर्तमान अपरदन-चक्र द्वारा हुआ है परन्तु प्राचीन चक्रों से उत्पन्न स्थलरूपों के अवशेष भी इन स्थलाकृतियों में वर्तमान होते हैं। ये अवशेष अगले चक्र द्वारा परिवर्धित तथा परिभाषित होकर अपने वास्तविक रूप में न होकर केवल चक्र के अवशिष्ट लक्षण के रूप में ही होते हैं। इस प्रकार स्थलरूपों में जटिलता का आविर्भाव मुख्य रूप से दो कारणों से होता है। प्रथम रूप में जटिलताएँ एक ही स्थलखण्ड पर चक्र के दौरान कई प्रक्रमों के क्रियाशील होने से आती हैं। उदाहरण के लिये शुष्क महस्यवीय भागों में यद्यपि पवन अपरदन का प्रमुख साधन या

1.— Evolution of landscapes is more complex than simple

2. Complexity of geomorphic evolution is more common than simplicity.

कारक (Erosive agent) है तथापि थोड़ी भी वर्षा हो जाने पर बहते जल का कार्य सक्रिय हो जाता है। फल-स्वरूप मरम्भलीय पवनकृत स्थलरूपों (बालुकास्तूप, ज्यूजेन, इन्लेनबर्ग) आदि के साथ ही साथ जलकृत स्थल-रूप पेटीमेंट, बजाडा तथा प्लेया झील का भी निर्माण होता है। इसी तरह यदि हिमनद के क्षेत्र में हिमानीकृत स्थलरूपों का विकास होता है तो हिम के पिघल जाने पर जलकृत स्थलरूपों (Fluvial landforms) का भी निर्माण होता है। द्वितीय रूप में स्थलरूपों में जटिल-ताओं का संचालन कई उत्तरांतर चक्रों (Successive cycles) के कारण हो जाता है। उपर्युक्त आधार पर स्थलरूपों को सामान्य, मिश्रित आदि कई भागों में विभाजित किया जा सकता है। हार्लबर्ग महोदय ने स्थलरूपों के विभाग के आधार पर पाँच भागों में विभक्त किया है—

- 1 साधारण भूदृश्य (Simple Landscapes)
- 2 मिश्रित भूदृश्य (Compound Landscapes)
- 3 एक चक्रीय भूदृश्य (Monocyclic Landscapes)
- 4 बहुचक्रीय भूदृश्य (Multi-cyclic Landscapes)
- 5 अनाकृत या पुनर्जीवित भूदृश्य (Exhumed or Resurrected Landscapes)

1 साधारण भूदृश्य—साधारण भूदृश्य या स्थलरूप वह होता है, जिसमें जटिलतायें अनुपस्थित होती हैं एवं जिसका निर्माण तथा विकास एक चक्र के दौरान केवल एक ही प्रक्रम द्वारा होता है। उदाहरण के लिये यदि परतदार शैल वाली भूतला को दिया जाय, जिसमें चट्टान के स्तर साधारण कोण पर झुकते हों तथा उम पर यदि नदी द्वारा अपरदन कार्य प्रारम्भ हो तो उस पर सामान्य सांभानाकार स्थलरूप का विकास होगा। वास्तव में साधारण स्थलरूप का विकास (केवल एक प्रक्रम द्वारा) सम्भव नहीं है। परन्तु साधारणीकरण के लिये उम स्थल विशेष पर सर्वप्रधान प्रक्रम के प्रभुत्व के आधार पर स्थलरूप के विकास का अध्ययन किया जाता है। उदाहरण के लिये यदि बहते हुये जल द्वारा किसी स्थलरूप का निर्माण होता है तो उसमें यद्यपि जल का कार्य सर्व-प्रधान होता है तथापि उसमें अपक्षय तथा भूगर्भ चट्टान चूर्ण के सामूहिक स्थानान्तरण तथा पवन द्वारा विघटित पदार्थों को असंग करने के कार्य भी सहयोग प्रदान करते हैं। इसी तरह धूल की चट्टान वाले क्षेत्र में स्थलरूप के निर्माण में भूमिगत जल द्वारा घोलिकरण का सर्वाधिक योगदान होता है परन्तु धरातलीय जल (Surface

water) तथा अपक्षय का भी स्थलरूप के निर्माण में महत्त्व रहता है। उपर्युक्त आधारों पर यह कहना उचित हो है कि स्थलरूप का विकास केवल एक प्रक्रम द्वारा नहीं होता है बल्कि कई प्रक्रमों के सामूहिक कार्य का परिणाम होता है।

2 मिश्रित स्थलरूप—जब किसी स्थलरूप का निर्माण एवं विकास एक से अधिक प्रक्रमों के संयोग में होता है तो स्थलरूप को मिश्रित स्थलरूप कहा जाता है। वास्तव में प्रयोग में मिश्रित स्थलरूप ही अधिक पाये जाते हैं। हिमानीकरण के समय हिमानीकृत स्थलरूपों पर मिश्रित स्थलरूपों की अधिकता होती है। ऐसे स्थलों पर उपरी भागों में हिमानीकृत जमाव तथा अपरदन वाले स्थलरूपों का विकास होता है, साथ ही साथ नदियों की घाटियों में नदीकृत स्थलरूपों का निर्माण होता है। स्थान-स्थान पर पवन विघटित पदार्थों को उड़ा ले जाती है तथा उन्हें अन्यत्र जमा कर देती है। फलस्वरूप पवनकृत स्थलरूप भी दृष्टिगत होते हैं। संयुक्त राज्य अमेरिका में उटा, यूमेनिस्को, एरिजोना एवं नेवादा प्रान्तों में मिश्रित स्थलरूपों के कई उदाहरण मिलते हैं। नदियों द्वारा निर्मित स्थलाकृतियों के अन्दर ज्वालामुखी-शंकु तथा लावा-प्रवाह से निर्मित आकार मिलते हैं। इसके साथ ही साथ स्थान-स्थान पर धरातलीय भागों में ध्रुवन के वरण कगार (Scarp) पाये जाते हैं जो कि मिश्रित स्थलरूप के ही उदाहरण हैं।

3 एक चक्रीय स्थलरूप—एक ही अपरदन-चक्र द्वारा उत्पन्न स्थलाकृति को एक चक्रीय स्थलरूप कहा जाता है। साधारण स्थलरूप के समान ही इस प्रकार के स्थलरूप का प्रायोगिक दृष्टि में बहुत ही कम महत्त्व है क्योंकि भूपटल पर अधिकांश स्थलरूप कई चक्रों के ही परिणाम हैं। मागरीय तटीय भागों (Coastal plains) में एक चक्रीय स्थलाकृति दखने को मिल सकती है, बशर्त कि उस तटीय मैदान में तट रेखा के कई बार निगमन (Emergence) तथा अधोगमन (Submergence) द्वारा पर्याप्त परिवर्तन उपस्थित हो गय हो। ज्वालामुखी के उद्गार से निम्नित लावा-प्रवाह के कारण लावा मैदान तथा पठार ज्वालामुखी शंकु, हाल ही में उठे हुए गुम्बद आदि स्थलरूपों में एक चक्रीय स्थलाकृति देखने को मिल सकती है। एक चक्रीय स्थलरूप साधारण भी हो सकता है तथा मिश्रित भी।

4 बहुचक्रीय स्थलरूप—कई अपरदन चक्रों द्वारा बने हुए स्थलरूपों को बहुचक्रीय स्थलरूप कहते हैं।

भूपटल पर अधिकांश स्थलरूप एक में अधिक चक्र के ही परिणाम है। यह उल्लेखनीय है कि प्राचीन चक्रों के स्थलरूप अपनी भौतिक स्थिति में नहीं मिलते हैं वरन् उनके अवशेष मात्र ही दृष्टिगत होते हैं। कई ऐसे मक्षण होते हैं जिनके महारे बहु-चक्रीय स्थलरूपों की पहचान हो जाती है। उदाहरण के लिए कई स्थानों पर घाटी के अन्दर घाटी मिलती है। इससे स्पष्ट हो जाता है कि प्रथम चक्र की अन्तिम अवस्था में क्षैतिज कटाव में घाटी अत्यन्त चौड़ी हो गई थी परन्तु उत्थान के कारण नवोन्मेष होने से नदियों के निम्नकटाव की शक्ति बढ गयी होगी तथा निम्नीकरण (Degradation) द्वारा चौड़ी घाटी के अन्दर नयी सकरी घाटी का निर्माण हो गया होगा। इस प्रकार की घाटी को द्विचक्रीय घाटी (Two cyclic valley) कहा जाता है। इसी प्रकार कई चक्रों के सम्पादन के कारण नदियों में क्रमिक नदी बेदिकायें (Successive river terraces) का निर्माण होता है तथा ये बेदिकायें प्रतिरोधी चट्टानों द्वारा खनी सरचनात्मक बेदिकाओं या मोपानों (Structural benches) से भिन्न होती हैं। कई अपरदन-चक्रों के कारण ऊपर में नीचे अर्थात् प्राचीन से अर्वाचीन कई समप्राय मैदानों का निर्माण होता है। अप्तेगियन क्षेत्र में लगभग चार अपरदन-चक्र पूर्ण हो चुके हैं तथा यहाँ के स्थलरूप एवं उच्चावच बहु-चक्रीय स्थलरूप के प्रमुख उदाहरण हैं। प्रारम्भिक समय से लेकर अब तक स्कूली पेनीप्लेन, हेमिबर्ग पेनीप्लेन तथा सामरविली पेनीप्लेन का अध्ययन किया जा चुका है। वर्तमान सागरीय किनारों पर ऊपर स्थित तरंग-कृत बेदिकायें बहुचक्रीय स्थलरूप को प्रकट करती हैं। रांची पठार पर बहु-

चक्रीय स्थलाकृति का निर्माण हुआ है। हजारीबाग पठार पर राजरप्पा के पास जहाँ पर भेड़ा नदी जल-प्रपात बनाती दामोदर नदी में गिरती है वहाँ पर दामोदर घाटी पुनर्जन्मित घाटी का उदाहरण प्रस्तुत करती है। दामोदर नदी ने अपनी पुरानी विस्तृत घाटी के अन्दर नवीन संकरी घाटी का निर्माण किया है। इस प्रकार घाटी के अन्दर घाटी स्थलाकृति का निर्माण हुआ है तथा दोनों किनारों पर बेदिकायें पायी जाती हैं। यही पर आर्कियन युग की आग्नेय शैलों (ग्रैनाइट-ग्रीस) तथा भोण्डवाना युग की अवसादी शैलों (बालुका प्रस्तर, शेल, कोयला आदि) का सम्मिश्रण भी मिलता है। इसी तरह जबलपुर के पास नर्मदा नदी ने धुआधार प्रपात (घाटी के अन्दर) के नीचे पुरानी घाटी (संगमरमर शैल पर) के अन्दर नवीन सकरी घाटी के रूप में भेड़ाघाट मार्ग का निर्माण किया। यहाँ पर, इस तरह, दो चक्रीय स्थलाकृति मिलती है।

5 पुनर्जीवित स्थलरूप—जब प्राचीन स्थलरूप पर आवरण हो जाता है तथा वह ढक जाता है परन्तु अपरदन या अन्य कारणों से जब यह आवरण हट जाता है तो पूर्ण निर्मित स्थलरूप प्रकट हो जाते हैं। इन्हें पुनर्जीवित स्थलरूप कहा जाता है। प्लीस्टोसीन हिम-युग में अधिकांश स्थलरूपों का हिमचादर से आच्छादन हो गया था तथा हिम के पिघलने के बाद प्राचीन स्थलरूपों का बाहर आना हुआ। इस संकल्पना के विस्तारण के लिए देखिये अध्याय 2 का अन्तिम शीर्षक एवं अध्याय 14 का शीर्षक—नवोन्मेष द्वारा उत्पन्न स्थलाकृति।

# जलवायु भू-आकारिकी तथा आकारजनक प्रदेश

(Climatic Geomorphology and Morphogenetic Regions)

## सामान्य परिचय

यद्यपि 'जलवायु भू-आकारिकी' की संकल्पना का मूलपात जर्मनी तथा फ्रांस में उन्नीसवीं शदी के अन्तिम भाग में ही हो गया था तथापि वर्तमान समय तक इसके विषय में कुछ मूलभूत समस्याओं का निराकरण अभी तक नहीं किया जा सका है। इस संकल्पना की पृष्ठभूमि चीन में वॉन रिक्त्तो फेन, अफ्रीका में एस्मॉ जेसेन, बाल्टर तथा थोरबेक (Thorbecke) और मध्य अमेरिका तथा मलेशिया में सेपर (Sapper) आदि भू-आकृति विज्ञानवेत्ताओं के बायीं पर नैवार हो पायी थी। आंग्ल चलकर डेविस ने भी शीतोष्ण जलवायु प्रदेश तथा शीतोष्णोत्तर प्रदेश के स्थलरूपों में अन्तर की पहचान की। परिणामस्वरूप जर्मन विद्वानों ने यह प्रतिपादित किया कि जर्मनी में प्रत्येक जलवायु प्रदेश में विशेष प्रकार के स्थलरूपों का समुदाय विकसित होता है तथा एक जलवायु-प्रदेश के स्थलरूप दूसरे जलवायु प्रदेश के स्थलरूपों से भिन्न होते हैं। फ्रांस में भी स्थलरूपों के निर्माण तथा विकास में जलवायु की एक प्रमुख नियन्त्रक कारक के रूप में मान्यता मिली। इस तरह अनेक प्रमाणों तथा स्थलाकृतिक पर्यवेक्षणों (विभिन्न जलवायु प्रदेश में) के आधार पर यह प्रतिपादित किया गया है कि स्वाकृतिक प्रक्रम जलवायु से प्रभावित तथा नियंत्रित होते हैं तथा प्रत्येक प्रकार की जलवायु अपना स्वयं का विशिष्ट स्थलरूपों का समुदाय उत्पन्न करती है। विभिन्न प्रकार के जलवायु प्रदेशों में अपक्षय के प्रक्रम तथा उनके कार्य करने की दर, वनस्पति-प्रकार, वाटो-जल (runoff) अपरदन का स्वरूप तथा दर तथा स्थलरूप का विकास सम्बन्धी प्रक्रियाएँ भिन्न-भिन्न होती हैं परन्तु इस संकल्पना को अभी तक पूर्ण मान्यता नहीं मिल सकी है। इस संकल्पना की पृष्ठ-भूमि निम्न आधारों पर केन्द्रित है।

1 विभिन्न जलवायु प्रदेशों में स्थलरूप एक दूसरे से पूर्णतया भिन्न होते हैं।

2. स्थलरूपों में यह विभिन्नता जलवायु के विभिन्न प्राचल (parameters) में क्षेत्रीय विचरण (areal

variation) तथा उनके (जलवायु प्राचल) अपक्षय, अपरदन एवं वाही-जल पर-प्रभाव के कारण होती है।

3 वाटरनरी में हुए महान जलवायु परिवर्तन के बावजूद जलवायु-स्थलरूप में सम्बन्ध के प्रमाण नष्ट नहीं हो पाये हैं।

जलवायु-जनित स्थलरूप जलवायु भू-आकारिकी की प्रमुख पहचान

जलवायु भू-आकृति विज्ञानवेत्ताओं (climatic geomorphologists) ने ऐसे स्थलरूपों के चयन करने का प्रयास किया है जो खास प्रकार की जलवायु में ही निमित्त होते हैं। इनके आधार पर अन्य क्षेत्रों में जलवायु-स्थलरूप संबंध का अध्ययन किया जाता है। अतः ये स्थलरूप अपनी-अपनी जलवायु तथा जलवायु-प्रदेशों का प्रतिनिधित्व करते हैं। इन जलवायु-जनित नियन्त्रित (climato-genetic or climatically controlled) स्थलरूपों की पहचान दो स्तरों में की जाती है—1 पूर्ण स्थलाकृति का सामान्य पर्यवेक्षण एवं ज्ञान तथा 2 विशिष्ट प्रकार के स्थलरूपों-अंगों (landform components) की पहचान। इनमें से वितोष्ट स्थलरूप-अंग ही जलवायु-भू-आकृति विज्ञानवेत्ता का प्रधान यत्न होता है जिनके आधार पर वह जलवायु-स्थलरूप के सम्बन्धों की पहचान करने में समर्थ हो पाता है। इस तरह के स्थलरूपों (diagnostic landforms) में लेटराइट सतह, इन्सेलबर्ग पेडीमेंट टार आदि को सम्मिलित किया जाता है। सामान्य रूप में लेटराइट का निर्माण उष्णार्द्र जलवायु में होता है। परन्तु कुछ लेटराइट सतह उपोष्ण कटिबंधीय जलवायु-प्रदेशों में भी मिलती हैं। इन्सेलबर्ग को उष्ण कटिबंधीय अर्द्ध शुष्क जलवायु का प्रतिनिधि माना जाता है परन्तु वर्तमान समय में इन्सेलबर्ग विभिन्न प्रकार के जलवायु-प्रदेश में पाये जाते हैं, जैसे उपोष्ण-आर्द्र (जाज़िया), उष्णार्द्र (मायना तट, द० भारत तथा ब्राजील), रेगिस्तानी क्षेत्र (प० उ० अमेरिका, द० प० अफ्रीका)। इस कारण इन्सेलबर्ग के उष्ण अर्द्ध शुष्क जलवायु के प्रतिनिधि होने में संदेह होने लगता है परन्तु यह आवश्यक नहीं है कि जहाँ पर वर्तमान समय में इन्सेलबर्ग मिलते हैं उनका वर्तमान जल-



वायु में सम्बन्ध हा ही। हो सकता है कि वर्तमान जल-वायु के पहले उनका निर्माण हुआ हो। पेडीमेंट को सम्बन्धी स्थलाकृति का प्रमुख लक्षण माना जाता है परन्तु इस विषय पर भी अब पर्याप्त वैपश्य हो गया है। पेडीमेंट के निर्माण में ढाल-निवर्तन (Slope retreat) तथा विवर्तनिक कारण (Tectonic cause) को जलवायु की अपेक्षा महत्व दिया जाता है। एल सी किंग ने भी बताया है कि पेडीमेंटेशन की प्रक्रिया सार्वत्रिक है। कुछ का तो कहना है कि वर्तमान जलवायु (जिसमें पेडीमेंट मिलने हैं) ने पेडीमेंट को निर्मित करने के बजाय उसे नष्ट करने में अधिक सहयोग दिया है। टार को पामर तथा नेल्सन ने एग्जिमानो जलवायु का प्रतिनिधि माना है परन्तु वर्तमान समय में टङ्गलैण्ड के आर्टमूर क्षेत्र तथा निकारागुआ एव रोडेगिया में टार की उपस्थिति ने समस्या की गुलझाने की अपेक्षा उत्साह दिया है।

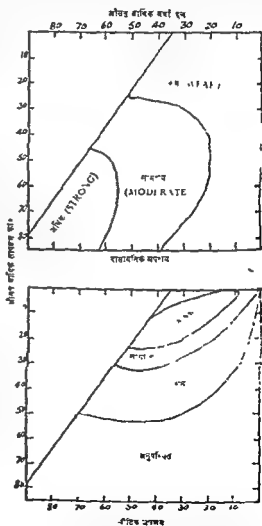
महोप में यह कहा जा सकता है कि उपयुक्त-प्रतिनिधि स्थलरूप (representative landform/diagnostic landforms) प्लीस्टोमीन युग में हुए जलवायु-परिवर्तनों से पुराने हैं, अतः जहाँ पर आज वे मिलते हैं, वहाँ की जलवायु से उनका सम्बन्ध नहीं जोड़ा जा सकता है। हिमानी तथा शुष्क स्थलाकृतियों का सम्बन्ध उनकी जलवायु से लगभग निश्चित हो गया है परन्तु अन्य जलवायु प्रकारों तथा प्रतिनिधि स्थलरूपों में सहसम्बन्ध की स्थापना के लिए (आकारमैत्रिक morphometric) प्रमाण पर्याप्त नहीं है।

#### भ्वाकृतिक प्रक्रम और जलवायु-नियंत्रण

(Geomorphic processes & climatic controls)

विभिन्न प्रकार की जलवायु में विभिन्न प्रक्रम कार्य-रत होते हैं तथा जलवायु में विभिन्नता के साथ अपक्षय तथा अपरदन (परिवहन सहित) की प्रभावित करने वाले जलवायु के तत्वों की कार्य-विधि तथा प्रचालन में भी अन्तर होता रहता है। जलवायु के तत्वों में अब तक तापक्रम तथा वर्षा (व्यापक अर्थ में आर्द्रता) की भ्वाकृतिक प्रक्रमों के नियंत्रण कारक के रूप में मान्यता मिलती रही है। उच्च वार्षिक तापक्रम तथा वर्षा के कारण उष्णार्द्र क्षेत्रों में अधिक गड्ढाई तब गमायनिक अपक्षय अधिक सक्रिय होता है। लेकिन उन्हीं उष्ण बटिबन्धीय आर्द्र भागों में तीव्र ढाल वाली अवनलिकाओं (gullies) तथा कैनियन का पाया जाना उपर्युक्त प्रक्रिया का विरोधाभास ही है। उष्णार्द्र भागों में वनस्पति का

नियंत्रण भी कम महत्वपूर्ण नहीं होता है। उच्च तापमान तथा वर्षा के कारण अत्यन्त तीव्र ढालों ( $70^\circ$  से भी अधिक) पर भी वनस्पतियों का घना आवरण हो जाता है, जिस कारण भौतिक अपक्षय, चादर धुलन (Sheet wash) तथा मृदा-क्षरण (Soil erosion) की क्रियाएँ अत्यन्त शिथिल पड़ जाती हैं। वनस्पतियाँ नदियों की घाटियों के निचले भाग तक पहुँच कर नदी द्वारा होने वाले पार्श्विक अपरदन (lateral erosion) को कम कर देती हैं जिस कारण घाटी का चौड़ा होना शिथिल पड़ जाता है, परन्तु जहाँ जहाँ भी वनस्पतियों का अनावरण हो

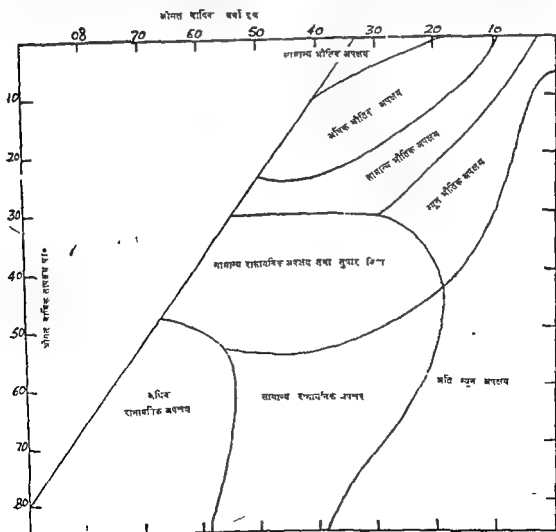


चित्र 33--(1) रासायनिक तथा (2) भौतिक अपक्षय पर वर्षा तथा तापक्रम सम्बन्धी विषमताओं का प्रभाव (पेन्टियर के अनुसार)

गया है, निम्नवर्ती अपरदन (Vertical erosion) अधिक होने लगता है। सेपर (1935), फ्रीस (1935) तथा वेण्टरबर्ग (1928) ने भी उष्णार्द्र जलवायु में उच्च तापमान तथा वर्षा के कारण तीव्र रासायनिक अपक्षय तथा निम्न अपरदन को मान्यता दी है। अत्यधिक आर्द्रता के कारण मिट्टी अधिक गहराई तक सम्पृक्त हो जाती है, जिस कारण भूमि स्खलन, अवसात, अवपात (Slumping) अधिक सक्रिय हो जाता है। चेंम्बरलिन, टी० सी० तथा चेंम्बरलिन आर० टी० (1910) ने उष्णार्द्र स्थलरूप तथा मध्य अक्षांशीय शीतोष्ण स्थलरूपों के बीच पर्याप्त अन्तर स्थापित किया है। उष्णार्द्र भागों में घाटी-भासवं घाटी-तली से अचानक ऊपर उठते हैं तथा उनके पदस्थली पर चट्टानों का ढेर या टालम नहीं होता है।

जल और तापक्रम के संयोग चूना प्रस्तर के अपक्षय को विभिन्न जलवायु में अलग-अलग प्रभावित तथा नियंत्रित करते हैं। उष्णार्द्र जलवायु में जल की अधिकता के कारण चूना प्रस्तर अपक्षय तथा अपरदन की दृष्टि से अत्यन्त कमजोर होता है क्योंकि रासायनिक अपक्षय अधिक सक्रिय होता है परन्तु उष्ण-शुष्क जलवायु में जल की अल्पता के कारण वही चूना प्रस्तर रासायनिक अपक्षय के अभाव में कठोर हो जाता है। शुष्क प्रदेशों में जल की कमी (परिणामस्वरूप मिट्टी की असम्पृक्तता के कारण मृदागर्पण Soil creep) आदि का अभाव होता है।

इतना ही नहीं, यहाँ तक कि किमी खाम जलवायु प्रदेश में भी जनवायु के बारों में इतना स्थानीय वैषम्य



चित्र 34—तापक्रम एवं वर्षा की विभिन्न दशाओं में अपक्षय के रूप (पेट्रियर के अनुसार)।

होता है कि उनका प्रभाव प्रक्रमों पर अवश्य पड़ता है। इनमें से ऊँचाई, दिशा तथा सूर्यातप महत्त्वपूर्ण प्रभावी कारक हैं। उत्तरी गोलार्द्ध में पूर्व-पश्चिम विस्तृत घाटी का दक्षिण-दिशेमुख ढाल (अधिक सूर्यातप) उत्तरोन्मुख ढाल की अपेक्षा अधिक तीव्र होता है क्योंकि उत्तरोन्मुख ढाल पर कम सूर्यातप के कारण हिमवर्षण अधिक समय तक रहता है, हिमीकरण-हिमद्रवण (Freeze-thaw) कम होता है, वनस्पति आवरण अधिक होता है, परिणाम-स्वरूप अपक्षय तथा अपरदन कम होता है जबकि दक्षिणोन्मुख ढाल का अपक्षय तथा अपरदन अधिक होता है।

जल तथा तापक्रम अपक्षय को बड़े पैमाने पर प्रभावित करते हैं। उष्णार्द्र भाग में रासायनिक अपक्षय अधिकतम होता है जबकि शुष्क भागों में मूलतः शीत भागों में भी रासायनिक अपक्षय मूलतः होता है यद्यपि भौतिक अपक्षय में भी जल का महयोग रहता है परन्तु यह वही पर अधिक मजबूत होता है जहाँ पर या तो तापक्रम के कारण प्रसार एवं सकुचन होता रहता है या तुपार के कारण हिमीकरण-हिमद्रवण होता रहता है। इस तरह भौतिक अपक्षय उन क्षेत्रों में मूलतः होता है जहाँ पर तापक्रम उतना अधिक होता है कि जल का हिमीकरण सम्भव नहीं है और वहाँ पर जहाँ कि तापक्रम उतना नीचा होता है कि हिमद्रवण सम्भव नहीं है।

इसी तरह तापक्रम एवं वर्षा के विभिन्न संयोग अपरदन के प्रक्रमों तथा उनकी कार्य-विधि को प्रभावित करते हैं। अपरदन के प्रकार तथा उनकी मजबूती मुख्य रूप से मिट्टी तथा ढाल सतह (Bedrock) की भेद्यता एवं प्रवेक्ष्यता शैल सतह (Rockbeds) की उचाई, वनस्पति के प्रकार तथा मात्रा वाष्पीकरण तथा वाष्पोत्सर्जन की दर, वर्षा की मात्रा तथा तीव्रता व वर्षा देयक भूफान की आवृत्ति (Frequency) द्वारा प्रभावित एवं नियन्त्रित होते हैं।

इस तरह स्पष्ट है कि पेट्रियर तथा अधिकांश विद्वानों ने मूलतः पारमिटर के नियन्त्रक कारक के रूप में जलवायु के दो पारमिटर (Parameter), औसत वार्षिक तापक्रम तथा औसत वार्षिक जलवर्षा का चयन किया है। डी० आर० स्टोडार्ट<sup>1</sup> ने इस पुरानी पद्धति के परिमार्जन तथा संशोधन प्रस्तुत किया है। स्टोडार्ट ने बताया कि

औसत वार्षिक जल वर्षा के स्थान पर भू-आकृतिक कार्य के लिए मुलभ जल की मात्रा को महत्व दिया जाना चाहिए। अर्थात् वाष्पीकरण-वाष्पोत्सर्जन के बाद प्राप्त जल वर्षा की मात्रा ही भू-आकृतिक प्रक्रमों की मुलभ होती है, जिसका उपयोग वह अपने कार्य के सम्पादन के समय करता है। इस दिशा में शोर्ले तथा टैनर ने मरानवीय कार्य किये हैं।

जलवायु का आकारजनक प्रक्रमों पर प्रत्यक्ष प्रभाव

विभिन्न प्रकार की जलवायु में विभिन्न प्रक्रम कार्यरत होते हैं तथा जलवायु में विभिन्नता के साथ अपक्षय तथा अपरदन (परिवहन सहित) को प्रभावित करते वाले जलवायु के तत्वों की कार्य-विधि तथा प्रचालन (Operation) में भी अन्तर होता रहता है। जलवायु का अपक्षय पर प्रत्यक्ष प्रभाव तो होता ही है परिवहन तथा निपेक्ष के प्रक्रम तथा प्रक्रियाएँ भी, यद्यपि स्वल्प मात्रा में ही मजबूत प्रभावित होती हैं। कुछ विद्वानों द्वारा आकारजनक जलवायु की क्रियाविधि (Morphoclimatic mechanisms) का अध्ययन कुछ जलवायु प्रदेशों में किया गया है—

सर्वप्रथम तापक्रम का उदाहरण प्रस्तुत है। हिमांक (Freezing point) में उच्चतम तापक्रम में विभिन्न जलवायु प्रदेशों में महती अन्तर होता है। यदि तापक्रम 0° से० या 32° फा० होता है तो उसका परिणाम तुपार (Frost) होता है। वायुमण्डलीय तापमान तथा भौतिक विकिरण के सम्बन्धों पर तुपार निर्भर करता है। यदि रात्रि में तुपार के कारण जल का हिमीकरण (Freeze) तथा दिन में तापमान में वृद्धि के कारण हिमद्रवण (Thaw) होता है तो इस दैनिक हिमीकरण-हिमद्रवण चक्र (Diurnal freeze and thaw cycle) के कारण ब्रमज प्रसार तथा सकुचन (दोनों स्थितियों में 10 प्रतिशत का अन्तर) होने में सहायता के छिद्रों में दरार तथा ननाय की स्थितियाँ उत्पन्न हो जाती हैं जिस कारण ठोस चट्टानें तुपार अपक्षय (Frost weathering) के पतलस्वरूप टूट जाती हैं।

जहाँ पर जमाव असंगठित होते हैं, इस क्रमिक हिमीकरण-हिमद्रवण का प्रभाव अत्यन्त द्रिचक्ष्य होता है। उदाहरण के लिए यदि मृत्तिका (Clay) में यह क्रिया होती है तो मृदामण (Solifluction) प्रारम्भ

हो जाता है। उदाहरणस्वरूप यदि किसी ढाल पर भूतिका में यह क्रिया होती है तो तुपार के कारण जमाव चिकने तथा ढीले हो जाते हैं। पिघलने पर मलबा ढाल के निचले भाग की ओर सरकने लगता है।

बाहो-जल (Run-off) तथा भूमिगत अपवाह के नियन्त्रण, में भी तुपार का प्रभाव पड़ता है। उदाहरण के लिये उष्णद्वीप जलवायु में नदी के जल-प्रवाह में नियमितता होती है परन्तु तुपार बहुत जलवायु में नदी का प्रवाह तुपार में नियन्त्रित होकर अनियमित हो जाता है। शरद काल में हिमीकरण के फलस्वरूप न्यूनतम प्रवाह परन्तु ग्रीष्मकाल में हिमद्रव्य के कारण अधिकतम प्रवाह होने से मौसमी परिवर्तन बढ जाता है। परिहिमानी जलवायु में शरद काल में परमाफास्ट की ऊपरी सक्रिय सतह (Active layer) भी जम जाती है परन्तु ग्रीष्मकाल में ऊपरी भाग पिघल जाता है परन्तु हिमद्रवित जल (Melt water) सक्रिय सतह में बहुत कम गहराई तक ही पहुँच पाता है। परिणामस्वरूप जल तीव्र बाहो-जल के रूप में प्रवाहित होने लगता है जिस कारण भूद ढाल पर भी नदी बड़े-बड़े पदार्थों का परिवहन करने में समर्थ हो जाती है।

वायु के कार्य पर भी तुपार का प्रभाव होता है। तुपार बहुत जलवायु में हिम के कारण पदार्थ संगठित होकर चिपक जाते हैं जिन्हें तीव्र पवन जैसे क्लिज्ड उड़ा ले जाती है परन्तु इस सिधाँत के कारण वायु के अपघर्षण क्रियाविधि में परिवर्तन हो जाता है। गर्म शुष्क रेगिस्तानी भागों में वायु के अपवाहन (Deflation), अपघर्षण (abrasion), गैरन (Pitting) आदि द्वारा जिस वेन्टी-फैन्ड (तिपहन) का निर्माण होता है उस तरह की स्थलाकृति तुपार जलवायु में नहीं बन पाती है। जहाँ पर जमाव में श्रेणीकरण (Sorting) नहीं होता है अतः उष्ण शुष्क रेगिस्तानी जमाव तथा बालूकालूप यहाँ पर सम्भव नहीं हो पाते हैं। यहाँ पर निमित्त जमाव की निवेसान-वायु निक्षेप (Niveo-colian deposits) कहते हैं।

तुपार का प्रभाव तटीय प्रक्रमों पर भी होता है। तुपार के कारण (शरद काल) तटीय भाग की चट्टानें जम कर ठोस हो जाती हैं, परिणामस्वरूप ये तट की सामग्रीय तरंगों में रक्षा नखी हैं। परन्तु बिसफ पर हिमीकरण-हिमद्रवण के कारण तुपार अपक्षय होता है जिस कारण बिसफ दृढ़ता रहता है। नारसेन ने नार्वे तट पर सारातीय हिम द्वारा अपघर्षण की क्रिया का

अवलोकन किया है तथा तर्जनीत तरंग धर्षित उत्थित तटवेदिका (Strandflat) का उदाहरण प्रस्तुत किया है।

यदि तुपार अत्यधिक सक्रिय होता है तो उसका आकारजनक प्रक्रमों (Morphogenic processes) पर गहरी प्रभाव पड़ता है। निम्न ही तुपार द्वारा धरातल पर एक ऐसे मण्डल का निर्माण होता है जहाँ तरल जलीय अवस्था के स्थान पर ठोम जमीय दगा का प्रभुत्व होता है।

ऊपर तापक्रम की उस स्थिति के अधक्षय तथा प्रथम पर प्रभाव का वर्णन किया गया है जब कि तापमान हिमाक के नीचे बना जाता है। हिमाक के ऊपर भी तापमान में परिवर्तन अधक्षय तथा अपरदन एवं तत्सम्बन्धित प्रक्रमों को प्रभावित करता है। उष्णकटिबन्धीय शुष्क प्रदेशों में दिन और रात के तापमान में 33° से 90° फा० तक अन्तर हो जाता है। दैनिक तापान्तर के कारण चट्टानों का प्रसार तथा सङ्कुचन गुणांक (Expansion and contraction coefficient) अधिक हो जाता है जिस कारण चट्टानों में सन्धियों के निर्माण में व्यवधान हो जाता है। प्रसार तथा सङ्कुचन के कारण चट्टानों में विपटन तथा विभोजन होने से दृढ़ता प्रारम्भ हो जाती है। क्रिस्टल गैल में विभिन्न राशियों के खे (Crystals) होते हैं, जो विभिन्न मात्रा में ऊष्मा ग्रहण करते हैं। परिणामस्वरूप उनमें प्रसार तथा सङ्कुचन विभिन्न दरों में सम्पन्न होता है। जिस कारण चट्टान खो के सङ्घर्ष के सहारे दृढ़ गनी है और चट्टान का छोटे-छोटे कणों में विघटन (Granular disintegration) होने लगता है। दैनिक तापान्तर के कारण चट्टानों से घस्ते उधड़ने (Flaking) लगती हैं। सामान्य चट्टानों में तापीय सञ्चालकता (Thermal conductivity) कम होती है। परिणामस्वरूप चट्टान की ऊपरी परत तो अत्यधिक गर्म होकर फेल जाती है परन्तु ऊष्मा का सञ्चालन कुछ सेण्टीमीटर तक ही होने में निचली जैत अपेक्षावृत्त शीतल होने में फँस नहीं पाती है। इस तरह विभेदक प्रसार (Differential expansion) के कारण चट्टान की ऊपरी परत उधड़ जाती है (Flaking process)। छोटीमागपुर पठार, गुजब रूप में रॉची पठार पर (जो कि उद्योग आदि जलवायु में है) इस क्रिया के कारण एनथ्रोपिलेशन अपक्षय के कारण नान गैल बाने बुखदों का निर्माण हुआ है।

किसी भी प्रदेश में जहाँ पर शुष्क तथा आर्द्र दशाओं में पर्याप्त अन्तर होता है, विभिन्न प्रकार की अपक्षय

तथा प्रथम सम्बन्धी दशायें जनित हो जाती हैं। यहाँ पर वर्षा की मात्रा तथा उसकी सक्रियता का प्रभाव अधिक होता है। उदाहरण के लिये मृत्तिका और शुष्क दशा में उच्च तापमान के कारण शुष्क होने पर विभिन्न बहुभुजों में विभक्त हो जाती हैं। मण्टमोरिल्लोनाइट (Montmorillonite—मृत्तिका का एक प्रकार) में आर्द्रता में अन्तर का प्रभाव सर्वाधिक होता है। शुष्कता के कारण इसमें दरारें पड़ जाती हैं। वर्षा होने पर जल इन दरारों से होकर 2 से 3 मीटर (6 से 10 फीट) की गहराई तक चला जाता है जहाँ पर गैल अपेक्षाकृत कम शुष्क तथा कम भेद्य होती है जिस कारण वहाँ पर जल एकत्रित होने लगता है। इस तरह यह मतलब फिसलन तल (Sliding plane) में परिवर्तित हो जाती है और ऊपर स्थित भू-मलवा भूमि-प्रवाह (Earth flow) के रूप में सरकने लगता है। यह क्रिया सममाग्रीय जलवायु प्रदेश में अधिक होती है क्योंकि यहाँ पर आर्द्र शरदकाल तथा शुष्क ग्रीष्मकाल की आर्द्रता में अत्यधिक अन्तर होता है। इसके विपरीत मृत्तिका के अन्य प्रकारों खासकर कालोनिनाइट (Kaolinite) में संकुचन गुणांक (Contraction coefficient) ग्राह्य होता है। वर्षा के समय जलबूँदों के कारण वर्षा बिखर जाते हैं तथा शुष्कता के कारण कठोर हो जाते हैं। परिणामस्वरूप चट्टान की अभेद्यता बढ़ जाती है और बाहरी जल (Run off) अधिक हो जाता है।

**जलवायु का अप्रत्यक्ष प्रभाव**

**जलवायु-वनस्पति-आकारजनक प्रक्रम**  
वनस्पति तथा मिट्टी में महारे जलवायु का आकार-जनक प्रक्रमों पर अप्रत्यक्ष प्रभाव होता है। भूमण्डल पर वनस्पति प्रकार मण्डलीय (Zonal) प्रारूपों में पाये जाते हैं जिनका सम्बन्ध जलवायु में है। वास्तव में जलवायु तथा वनस्पति एवं जलवायु तथा मिट्टी में अन्तर्सम्बन्ध होते हैं तथा वे एक दूसरे को पारस्परिक रूप में प्रभावित तथा नियंत्रित करते हैं। वनस्पति मिट्टी-निर्माण की प्रक्रिया को प्रभावित करती है तथा मिट्टी वनस्पति प्रारूपों को निश्चित करती है और इस पारस्परिक क्रिया (Interaction) का प्रभाव आकारजनक प्रक्रमों पर पड़ता है।

जलवर्षा के समय जल स्रोतों के गिरने तथा उनकी धरातल को प्रभावित करने वाली सामर्थ्य पर वनस्पति द्वारा अन्तरारोधन (Interception) के मध्यम में अवलम्ब प्रभाव होता है। ऊँचाई से नीचे गिरने वाली जलसीकरों

(Rain drops) की काइनेटिक ऊर्जा (स्थितिज ऊर्जा) गिरने की गति के वर्ग के अनुपात में बढ़ती है। जब धरातल-वनस्पति विहीन होता है तो ये जलसीकर तेज गति से नीचे गिरती हैं जिस कारण ढोले कण छिटक जाते हैं, परिणामस्वरूप आस्फालन अपरदन (Splash erosion) होता है। परन्तु जहाँ पर वनस्पति का आवरण होता है वहाँ पर जलवर्षा के कुछ भाग का अन्तरारोधन (Interception) हो जाता है एवं शेष जन-मन्द गति से नीचे आता है। परिणामस्वरूप आस्फालन अपरदन शून्य हो जाता है। जहाँ पर वृक्ष ऊँचे होते हैं तथा उनके तने चिकनी छाल वाले होते हैं वहाँ पर अन्तरारोधित जल (Intercepted water) तने के सहाये नीचे प्रवाहित होता है। इसे हवाई सरिता (Aerial stream) कहते हैं। इस हवाई सरिता का जल जगत्तल पर आकर या तो रिसकर नीचे चला जाता है (यदि चट्टान प्रवेद्य होती है या चट्टानी मतलब के ऊपर रिगोलिय का आवरण होता है) या बाहरी जल (Run-off) के रूप में बह निकलता है (यदि चट्टान अवप्रवेद्य होती है या रिगोलिय का अभाव होता है)।

वनस्पतियों द्वारा जल वर्षा के अन्तरारोधन की मात्रा एक मौसम में दूसरे मौसम तथा एक वनस्पति प्रकार में दूसरे वनस्पति प्रकार में बदलती रहती है। इस अन्तरारोधन के कारण धरातल पर जल की कमी हो जाती है। गुणात्मक रूप में (वर्षा के विस्तार पर विभिन्न जलवायु प्रदेशों एवं वनस्पति प्रदेशों में जलवर्षा का अन्तरारोधन की मात्रा का मापन नहीं किया जा सका है) पर्यवेक्षण के आधार वनस्पति द्वारा जलवर्षा के अन्तरारोधन की निम्न प्रवृत्तियों का उल्लेख किया जा सकता है—

- (1) भूमध्यरेखीय सदाहरार जंगलों में जलवर्षा का वनस्पति द्वारा अन्तरारोधन सर्वाधिक होता है। हवाई सरिताओं (Aerial streams) का महत्व अधिक होता है। रोजरी (Rougerie 1960) ने बाहरी-जल के कार्य को भी महत्ता प्रदान की है।
- (2) उष्ण तथा उपोष्ण कटिबन्धीय पतझड़ वाले वनों में अन्तरारोधन की सक्रियता मौसम पर आधारित होती है। शुष्क मौसम के अन्तिम समय में (जबकि वृक्षों से पत्तियाँ झड़ जाती हैं) जलवर्षा का अन्तरारोधन न्यूनतम होता है तथा आस्फालन अपरदन (Splash erosion) अधिक होता है परन्तु आर्द्र मौसम में (जबकि वृक्ष पत्तियों में भरे होते हैं) अन्तरारोधन अधिकतम हो

गता है। रांची पठार के पश्चिमी पाट प्रदेश पर वान-पतित आवरण के फलस्वरूप अन्तरारोधन की अपेक्षाकृत सक्रियता के कारण आस्फालन अपरदन न्यून होता है परन्तु वनस्पति विहीन मध्य रांची पठार के नग्न ग्रेनाइट आवरण पर आस्फालन अपरदन अधिक होता है।

(iii) शुष्क प्रदेशों में वानस्पतिक आवरण के अभाव में जलवर्षा का अन्तरारोधन न्यून होता है तथा आस्फालन अपरदन सर्वाधिक होता है।

(iv) शीतोष्ण कटिबन्धीय वनों तथा स्टेपी घास-प्रदेश में स्थल प्रवाह (Overland flow) कम होता है। यहाँ पर घास का आवरण संरक्षण प्रदान करता है।

(v) शुष्क एवं अर्द्ध शुष्क प्रदेशों में छिट-पुट आड़ियों द्वारा न्यूनतम अन्तरारोधन होता है तथा संरक्षण नहीं मिलता है।

जलवर्षा के समान ही वनस्पति हिमपात को भी प्रभावित करती है। वनों में हिम का अन्तरारोधन (interception) अधिक होता है तथा धरातल पर हिम खुले भागों की तुलना में कम मुलभ हो पाती है।

वनस्पति का प्रभाव मिट्टी के तापक्रम पर भी पड़ता है। मिट्टियों में तापक्रम की विभिन्नता (रात एवं दिन, गरम एवं ग्रीष्मकाल) वानस्पतिक आवरण के कारण कम हो जाती है। घने वनों में धरातल पर प्राप्त सूर्याति (insolation) की मात्रा कम हो जाती है क्योंकि शीतलन प्राप्त सूर्याति का एक तिहाई भाग वीथी द्वारा तापमयिक संश्लेषण तथा वाष्पोत्सर्जन (chemical synthesis and evapo-transpiration) के रूप में खर्च हो जाता है, जिस कारण धरातल का तापमान कम हो जाता है। खुले भागों की तुलना में वनाच्छादित भागों में रात्रि का तापमान अपेक्षाकृत अधिक होता है। इस तरह खुले भागों में दैनिक तापान्तर अधिक होने के कारण मिट्टियों के तापक्रम में परिवर्तन अधिक होता है जबकि वनाच्छादित भागों में कम दैनिक तापान्तर के कारण मिट्टियों के तापमान में परिवर्तन कम होता है। इस विभिन्नता के कारण अपक्षय के प्रारूप स्वभाव तथा सक्रियता में पर्याप्त अन्तर होता है (खुले तथा वनाच्छादित भागों में)।

वनाच्छादन मृदा-आर्द्रता (soil moisture) में परिवर्तन को कम करता है क्योंकि वनाच्छादन के कारण कम ऊष्मा मिलती है परिणामस्वरूप मिट्टी के सूखने की क्रिया मन्द पड़ जाती है। दक्षिणी वियतनाम के ट्रैंगबॉम (Trangbom) केन्द्र पर वनाच्छादित भागों की तुलना

में वनस्पति विहीन भागों में 2.5 गुना अधिक वाष्पीकरण का अभिलेखन किया गया है। इस तरह वनाच्छादित भागों में मिट्टियों के निर्जलीकरण (शुष्कन desiccation) का प्रभाव नगण्य होता है जबकि खुले भागों में इसका प्रभाव मिट्टियों के चटकन, बाढ़ी जल तथा भूमिगत जल (मिट्टियों के प्रकार तथा स्वभाव के आधार पर) पर अधिक प्रभाव होता है।

उपर्युक्त विवरणों के आधार पर यह निष्कर्ष प्रस्तुत किया जा सकता है कि वानस्पतिक आवरण वायुमण्डलीय वाहकों को शिथिल कर देता है जिस कारण आकारजनक प्रक्रम मन्द पड़ जाते हैं।

जलवायु वनस्पति के माध्यम में परिवहन के कारणों को भी प्रभावित करती है। वनस्पति जलवर्षा में अवरोधन करती है जिस कारण वनाच्छादित भागों के धरातल पर कम जल मिलने से थल प्रवाह (overland flow) कम हो जाता है। वनावरण मिट्टियों में जल के अन्तःस्फन्दन (infiltration) को अधिक सक्रिय कर देता है। इसके विपरीत वनरहित या वनस्पतिविहीन खुले भाग में जब जल वृष्टि अत्यधिक तीव्र होती है तो वर्षा की मात्रा धरातल में जल के अवशोषण की मात्रा में अधिक हो जाती है तथा शीघ्र तीव्र स्थल प्रवाह (Overland flow) प्रारम्भ हो जाता है और निचली मृदा परत (Subsoil layer) शुष्क हो रह जाती है। उदाहरण स्वरूप रांची पठार के पश्चिमी उच्च 'पाट प्रदेश' में जो कि बाल वृक्ष से आवृत है, स्थल-प्रवाह की लम्बाई न्यूनतम होती है (सिन प्रवाह बेसिन = 0.16 मील, चापरा प्रवाह बेसिन = 0.13 मील तथा धोपद प्रवाह बेसिन = 0.11 मील) जबकि न्यूनतम वनाच्छादित मध्य रांची पठार पर स्थल-प्रवाह की लम्बाई अधिकतम होती है (बाँकी प्रवाह बेसिन = 0.22 मील बिरगौरा प्रवाह बेसिन = 0.34 मील जूमर प्रवाह बेसिन = 0.28 मील)।

वनावरण का प्रभाव एक तरफ बाढ़ी-जल (run off) की मात्रा, स्वभाव तथा सक्रियता का प्रभावित करना है (कम करता है) तो दूसरी तरफ बाढ़ी-जल के स्थावृत्ति प्रभाव को भी प्रभावित करता है (कम करता है)। घने वनों की तुलना में घनी घास की चादर बाढ़ी-जल तथा उसके परिवहन एवं अपरदन को अधिक कम करती है। वास्तव में घास का आवरण भू-संरक्षण (Soil erosion) को कम करता है तथा धरातल को संरक्षण प्रदान करता

है। संयुक्त राज्य अमेरिका में घाम के आवरण तथा वनावरण में बाढ़ी-जल तथा स्थल-प्रवाह के गुनात्मक अध्ययन से ज्ञात हुआ है कि घाम-आवरण में मुक्त भागों की तुलना में वनावरण वाले भागों में चादर-अपरदन (sheet erosion) चार से छ गुना अधिक होता है। इससे प्रमाणित होता है कि वनस्पति स्वाभाविक प्रक्रमों के कार्यों को शिथिल कर देती है। पौधे वायु की गति को भी मन्द कर देते हैं जिस कारण वायु के परिवहन तथा अपरदनात्मक कार्य शिथिल हो जाते हैं।

ट्रिकार्ट (Tricart) तथा कैल्सू (Caillaux) ने डम मत का प्रतिपादन किया है कि जलवायु प्रकारों की भौतिक वनस्पति प्रकार भी अपना स्वयं का विशिष्ट स्वाभाविक वनावरण प्रस्तुत करता है।

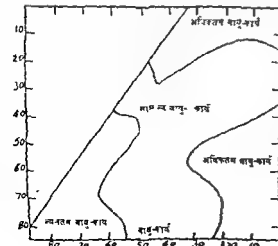
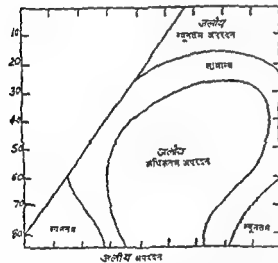
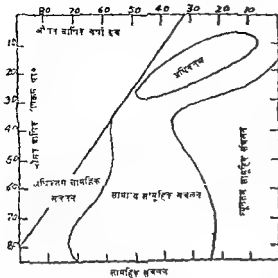
जलवायु-वनस्पति-मृदा तथा आकार जनक प्रक्रम

जलवायु का प्रभाव वनस्पति पर तथा वनस्पति का प्रभाव मिट्टी पर होता है, अतः आकाशजनक प्रक्रमों तथा मिट्टी में पारस्परिक क्रिया (interaction) होती है। मृदा-व्युत्पत्ति (Pedogenesis) तथा रासायनिक अपरदन में गहरा सम्बन्ध होता है। मिट्टी में जल के अन्तःस्फन्दन (infiltration) तथा मिट्टी में ह्यूमस के वियोजन (decomposition) द्वारा रासायनिक अपरदन की क्रिया तीव्र हो जाती है। उदाहरण के लिए जल मिट्टी की ऊपरी सतह में (A मण्डल) प्रविष्ट होता है तो अपवहन (cluviation) द्वारा A मण्डल (A horizon or eluviated horizon) में पदार्थों को अलग करके विनिक्षेपण मण्डल (illuviation zone या B horizon) में पहुँचता है जहाँ में धुलनशील पदार्थों को लेकर नीचे पहुँचता है (C horizon)। इस तरह C मण्डल के ऊपर का भाग रासायनिक अपरदन से प्रभावित हो जाता है। निक्षालन (leaching) की क्रिया को तापमान तथा अन्तःस्फन्दित जल (infiltrated water) नियंत्रित करते हैं। शीतोष्ण कटिबंधीय जलवायु में शरदकाल में औसत सामान्य तापमान तथा जैविक क्रियाओं में ह्रास के कारण निक्षालन सामान्य होता है। उष्णार्द्र जलवायु में वर्ष भर उच्च तापमान, उच्च जल-वर्षा तथा पर्याप्त वनस्पतिक अवशेषों के कारण निक्षालन सर्वाधिक होता है। मानसूनी जलवायु में (जहाँ पर शुष्क तथा आर्द्र मौसम होते हैं) गर्म शुष्क मौसम के कारण निक्षालन में ह्रास हो जाता है तथा शुष्क जलवायु में तो स्थगित ही हो जाता है।

मृदा-मण्डल (soil horizon) में रासायनिक अपरदन तथा अपक्षय के कारण आवरण प्रस्तर (regolith) में कई तरह के यांत्रिक परिवर्तन होते हैं। उदाहरणतः कठोर शैल डग परिवर्तन के कारण मुचूर्ण्य (friable) हो जाती है तथा मुचूर्ण्य मण्डल (friable horizon) सगठित होकर कवच (cuirasse) बन जाता है। लमदार (विपचिपा colloidal) ह्यूमस जब मृत्तिका (clay) के ऊपर आवरण के रूप में होता है तो वह मृत्तिका के कणों को सगठित करके उन्हें एकत्रित (Aggregate) कर देता है जिससे मृत्तिका में सश्लिष्टता (cohesion) बढ़ जाती है। यदि चूना की मात्रा होती है तो वह ह्यूमस को वियोजित होने से बचाता है तथा स्थायी सश्लिष्टता प्रदान करता है। इस तरह ह्यूमस युक्त चूनेदार (calcareous) मृदा यांत्रिक अपक्षय के लिए अवरोधक होती है। स्पष्ट है कि मृदा की भेद्यता एवं प्रवेक्ष्यता तथा कणों की सश्लिष्टता उसकी यांत्रिक अपरदन से रक्षा प्रदान करती है। भेद्यता एवं प्रवेक्ष्यता के कारण जल का अन्तःस्फन्दन (infiltration) हो जाने में स्थल-प्रवाह (overland flow) कम हो जाता है तथा कणों के एकत्रीकरण (aggregation) एवं सश्लिष्टता (cohesion) के कारण कणों में प्रतिरोधकता (resistance) बढ़ जाने से मृदा की अपरदनात्मकता (erodibility) घट जाती है।

जब विनिक्षेपण मण्डल (illuviation horizon) मोटा तथा संगठित हो जाता है तो उसकी अपरदनात्मकता घट जाती है। परन्तु यह संगठित मण्डल जल के अन्तःस्फन्दन (B horizon or illuviation horizon के नीचे) को रोकता है जिस कारण मृदा के ऊपरी मण्डल के स्थित हो जाने के कारण बाढ़ी-जल (run off) बढ़ जाता है और सतह का यांत्रिक अपरदन बढ़ जाता है। स्मरणीय है कि ऊपरी पपड़ी (crust मिट्टी की) प्रायः क्षारीय (saline) धुलनशील पदार्थों की होती है अतः वह कम अवरोधक होती है जबकि कवच (cuirasses) धुलनशील पदार्थों से निर्मित नहीं होते हैं वरन् अधुलनशील तथा पृथक न किये जाने वाले अवशिष्ट पदार्थों के बने होते हैं, अतः यांत्रिक अपरदन के लिए अवरोधक होते हैं। इसी कारण में उष्णार्द्र प्रदेश में ये कवच उच्चावच को रक्षा करते हैं तथा प्राचीन अपरदन सतह को सुरक्षित रखने में सहायक होते हैं।

मिट्टियाँ, उच्चावच, जलवायु तथा वनस्पति



समस्थिति की पोषक होती है। ट्रिकार्ड तथा कॅम्पू के ग्रन्थों में यदि मानव वनस्पतियों को नष्ट कर देता है तो मिट्टियाँ, जिनका निर्माण हजारों वर्षों में हुआ है, शीघ्र ही अत्यधिक अपरदन के कारण कुछ ही वर्षों में नष्ट हो जाती है। यदि उच्चावच का निर्माण शीघ्र हो जाता है तो मृदा-निर्माण के लिए समय ही नहीं मिल पाता है। यदि जलवायु में परिवर्तन होता है तो नयी मृदा का सृजन होता है। इस तरह मृदा के अध्ययन द्वारा उच्चावच के परिवर्तनों तथा विगत आकारजनक प्रक्रियाओं की पुनर्रचना की जा सकती है।

संक्षेप में ट्रिकार्ड तथा कॅम्पू के पर्यवेक्षणों के आधार पर यह कहा जा सकता है कि स्थलरूप-निर्माणक प्रक्रम मुख्य रूप से विवर्तनिक बल (tectonic forces), जलवायु तथा जैविक कारकों पर निर्भर करते हैं। जलवायु-नियंत्रित वानस्पतिक आवरण स्थनमण्डल के ऊपर मृदा-जनन (pedogenesis) की प्रक्रिया द्वारा परिवर्तन प्रस्तुत करता है। यदि एक ओर उपर्युक्त प्रक्रियाओं के माध्यम से वानस्पतिक आवरण रासायनिक अपरदन को प्रभावित करता है तो दूसरी तरफ मायिक अपरदन को रोकता है।

#### जलवायु परिवर्तन की समस्या

भूगर्भीय काल में ग्लेशियर पर जलवायु-परिवर्तनों के विषय में अब कोई सन्देह नहीं रह गया है। जलवायु-भू-आकृति विज्ञानवेत्ताओं के अनुसार यद्यपि ब्वाटररनरी काल में महान जलवायु-परिवर्तन हुए हैं तथापि इन परिवर्तनों में जलवायु-स्थलरूप सम्बन्ध नष्ट नहीं होने पाये हैं। परन्तु यह आत्मतुष्टि का सख्त साधन सर्वमान्य नहीं है। वास्तव में जलवायु में शृंग परिवर्तन जलवायु भूआकारिकी के सामने एक व्यापक समस्या प्रस्तुत करते हैं जिस कारण यह सन्देह होने लगता है कि जिस जलवायु में जो स्थलरूप आज मिलते हैं, क्या वास्तव में ये उसी जलवायु के प्रतिफल हैं? या उनका सम्बन्ध किसी अन्य जलवायु से है? इस तरह जलवायु तथा स्थलरूप के बीच वास्तविक कड़ी की पहचान तथा खोज करना कठिन हो जाता है। वर्तमान स्थलाकृति तथा ब्वाटररनरी जलवायु-परिवर्तनों के विषय में इन विद्वानों का कहना है कि यद्यपि ब्वाटररनरी जलवायु-परिवर्तन तीव्र था परन्तु

चित्र 35

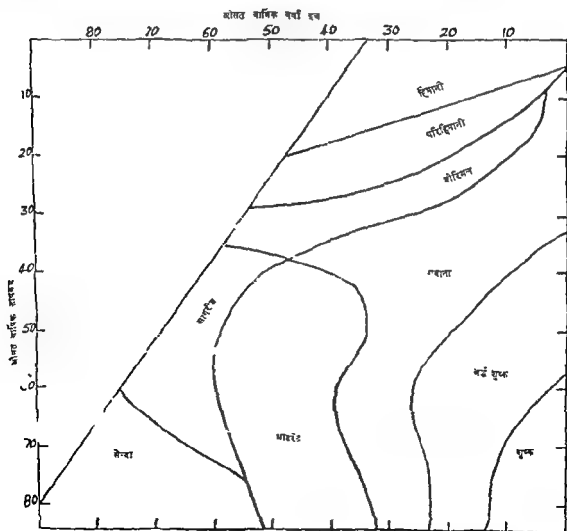
विभिन्न जलवायु दशाओं में (1) सामूहिक स्थानान्तरण, (2) सख्ता-अपरदन तथा (3) पवन अपरदन का मापेक्षिक महत्व (पेन्टियर के अनुसार)।



इसका कार्यकाल सीमित था, अतः इसका स्थलनिर्माणिक कारक के रूप में महत्त्व नगण्य था। स्टुअर्टोव (1967) ने टशिगरी तथा बवाटरनरी जलवायु-परिवर्तनों तथा उनके स्थलरूपों के ऊपर प्रभाव के अध्ययन के बाद बताया है कि “अधिकांश क्षेत्रों में वर्तमान स्थलरूप ‘जटिल मोजेक’ (Mosaics) हैं जो सघु क्षेत्रों में टशिगरी तथा विस्तृत क्षेत्रों में बवाटरनरी जटिल जलवायु दशाओं के प्रतिफल हैं।”

जलवायु-भू-आकारिकी की भाग्यताएँ अभी तक सर्व-मान्य नहीं हो पायी हैं। डगलस ने बताया है कि स्थल-

रूप के निर्माण में जलवायु का महत्त्व कम ही होता है। वास्तव में जब तक विभिन्न जलवायु-प्रदेशों में स्थलरूपों के आकारमितीय आँकड़े (Morphometric data) नहीं मिल जाते तथा इन आँकड़ों के आधार पर एक जलवायु प्रदेश के स्थलरूपों की दूसरे प्रदेश के स्थलरूपों से वैधम्य की निश्चित नहीं कर लिया जाता, जब तक जलवायु-भू-आकारिकी की संकल्पनाओं को स्वीकार नहीं किया जा सकता। स्टोडार्ट के अनुसार भी स्थलरूपों की नियंत्रित करने वाले अन्य कारकों छासक संरचना की तुलना में जलवायु का महत्त्व नगण्य है।



चित्र 36 : पेलिटियर के आकारजनक प्रदेश की जलवायु का सीमान्त (पेलिटियर के अनुसार)।

**आकारजनक प्रदेश (Morphogenetic Regions)**

आकार जनक प्रदेश या आकार-जलवायु प्रदेश (Morphoclimatic zones) की संकल्पना वास्तव में जलवायु-भू-आकारिकी की इस मूलभूत संकल्पना पर आधारित है कि "प्रत्येक भ्याकृतिक प्रक्रम अपना अलग स्थलरूप निमित्त करता है और प्रत्येक प्रक्रम विशेष जलवायु का प्रतिफल है।" अर्थात् खास प्रकार की जलवायु में खास तरह के प्रक्रम सक्रिय होते हैं, जिनसे खास तरह के स्थलरूप निमित्त होते हैं। 1925 में सायर (Sauer) ने बताया कि "विशेष प्रकार की जलवायु में विशेष प्रकार के स्थलरूप निमित्त होते हैं।" वास्तव में सायर की भी यह राय थी कि किसी प्रक्रम तथा स्थलरूप का सम्बन्ध न जोड़कर जलवायु-प्रदेश तथा स्थलरूप का सम्बन्ध जोड़ना अधिक श्रेयस्कर होगा। बुदेत् तथा पेल्टियर के पहले भी आकारजनक प्रदेश के विषय में सेपर (1935) तथा फ्रीसे (Friesse 1935) ने अपने मत दिये हैं। इन लोगों को यह जानकारी हो गयी थी कि उष्णार्द्र जलवायु (सेल्वा) में रामायनिक अपत्य आर्द्र मध्य अक्षांशों की तुलना में अधिक होता है।

यूरोप में बुदेत् ने (1944—48) फॉर्मक्रोजन (Formkreisen) अथवा आकारजनक प्रदेश की संकल्पना का प्रतिपादन किया। फॉर्म ने स्थलरूपों को—1. आर्द्र, 2. अर्द्ध-आर्द्र 3 शुष्क, 4. अर्द्ध-शुष्क तथा 5. हिमानीय पाँच प्रकारों में विभक्त किया। 1950 में पेल्टियर ने आकारजनक प्रदेश की संकल्पना को व्यवस्थित रूप दिया तथा इनका वर्गीकरण आकारमतिक उपकरणों के आधार पर करने का प्रयास किया। इस हेतु इन्होंने दो जलवायु प्राचल (Climatic parameters) का चयन किया—औसत वार्षिक तापक्रम तथा 2. औसत वार्षिक जनवर्षी। इस तरह पेल्टियर ने आकार जनक प्रदेश का निर्धारण महत्वपूर्ण प्रक्रम के आधार पर किया न कि स्थलरूपों की ज्यामिति के आधार पर। इन्होंने ग्लोब पर नौ आकारजनक प्रदेशों (1 हिमानी 2. परिहिमानी, 3 बोरियल, 4 सागरीय, 5 सेल्वा, 6. गॉडरेट, 7. सवाना, 8 अर्द्ध शुष्क तथा 9. शुष्क) निर्धारण किया है। इनका अलग-अलग तापक्रम तथा वर्षा के आँकड़ों के आधार पर किया गया है।

**पेल्टियर का आकारजनक प्रदेश**

आकारजनक प्रदेश	औसत (अनुमानित) वार्षिक ताप० (फा०)	औसत (अनुमानित) वार्षिक वर्षा (इंच)	आकृतिक विशेषताएँ
1 हिमानी	0—20	0—45	हिमानी अपरदन, निवेशन, वायु-कार्य।
2 परिहिमानी	5—30	5—55	तीव्र सामूहिक संचलन, सामान्य से तीव्र वायु-कार्य, प्रवाही जल का न्यून कार्य।
3. बेरियल	15—38	10—60	सामान्य तुषार-क्रिया, सामान्य से न्यून वायु-कार्य, प्रवाही जल का सामान्य कार्य
4. सागरीय	35—70	50—75	तीव्र सामूहिक संचलन, सामान्य से तीव्र जल का कार्य।
5. सेल्वा	60—85	55—90	तीव्र सामूहिक संचलन, न्यून डाल धुलन, वायु-कार्य अनुपस्थित।
6. गॉडरेट	38—85	35—60	प्रवाही जल का अधिकतम कार्य, सामान्य सामूहिक संचलन, शीत भागों में सामान्य तुषार क्रिया, तट के अलावा वायु-कार्य कम महत्वपूर्ण।
7. सवाना	10—85	25—50	तीव्र से न्यून प्रवाही जल का कार्य, सामान्य वायु-कार्य।
8. अर्द्ध-शुष्क	38—85	10—25	तीव्र पवन-कार्य, सामान्य से तीव्र जल-कार्य।
9. शुष्क	55—85	0—15	तीव्र पवन-कार्य, जल-कार्य न्यून।

ट्रिक्वर्ट तथा कैंसू के आकार-जलवायु प्रदेश

ट्रिक्वर्ट तथा कैंसू ने यह स्वीकार किया है कि अभी तक जलवायु-प्रक्रम स्थलरूप से सम्बन्धित विवरण तथा शोध कार्य पर्याप्त नहीं हैं। चूँकि जलवायु का उच्चावच पर प्रत्यक्ष एवं अप्रत्यक्ष दोनों रूपों में प्रभाव पड़ता है, अतः स्थलरूपों का आकार-जलवायु वर्गीकरण (morpho climatic classification) मात्र जलवायु के सर्वत्र (आंकड़ों) पर ही नहीं किया जा सकता है। अतः इन्होंने निम्न आधारों पर विश्व को आकार-जलवायु प्रदेशों में विभक्त किया है—

(i) प्रमुख जलवायु तथा प्राणिभौगोलिक मण्डल के आधार पर प्रमुख आकार-जलवायु प्रदेशों का विभाजन।

(ii) प्रत्येक प्रमुख आकार-जलवायु प्रदेश का जलवायु एवं प्राणिभौगोलिक एवं पुराजलवायु कारकों के आधार पर उप प्रदेशों में विभाजन।

इन दो आधारों पर इन्होंने मूम्ण्डल को निम्न आकार जलवायु प्रदेशों में (जहाँ पर निम्न उच्चावच होते हैं, सम्भवतः मण्डलीकरण को ध्यान में नहीं रखा गया है) विभक्त किया है—

### 1 शीत आकार-जलवायु प्रदेश

तुषार की प्रमुखता तथा प्रमुख के आधार पर इसे निम्न उप विभागों में विभक्त किया गया है—

(अ) हिमानी मण्डल (glacial zone)—जहाँ पर बाह (run-off) ठोस रूप में हिमनद के रूप में होता है।

(ब) परिहिमानी मण्डल (periglacial zone)—जहाँ पर ग्रीष्म काल में तरल वाही-जल अवश्य हो जाता है।

### 2 बनाच्छादित मध्य अक्षांशीय मण्डल

शरद कालीन तुषार की सक्रियता में अन्तर तथा पुराजलवायु (palaeoclimate) प्रभावों के आधार पर इसे निम्न उपभागों में विभक्त किया गया है

(अ) सागरीय मण्डल—शरद काल सामान्य होता है, तुषार का कार्य महत्वपूर्ण नहीं होता, प्लीस्टोमीन

हिमानी एवं परिहिमानी अवशिष्ट आकारों का प्रभाव अधिक होता है।

(ब) महाद्वीपीय मण्डल—शरदकाल अत्यधिक सर्द, प्लीस्टोसीन एवं वर्तमान तुषार का अत्यधिक प्रभाव।

(ग) रूम सागरीय मण्डल—ग्रीष्म काल शुष्क। बहाटरनरी युगीन परिहिमानी अवशिष्ट आकारों का प्रभाव नगण्य।

### 3 शुष्क एवं अर्द्ध शुष्क मण्डल

निम्न एवं मध्य अक्षांश। स्टेपी न्यून वनस्पति, जेरो-फाइट साइडिया, रेगिस्तान, न्यून वर्षा, स्थानीय वाही-जल। इसके दो उप विभाग हैं।

(अ) शुष्कता के आधार पर (i) स्टेपी प्रदेश, (ii) जेरोफाइटिक प्रदेश तथा (iii) रेगिस्तानी प्रदेश।

(ब) शरद कालीन तापमान के आधार पर (i) मध्य अक्षांशीय प्रदेश, (ii) उपोष्ण कटिबन्धीय प्रदेश तथा (iii) उष्ण कटिबन्धीय प्रदेश।

### 4 आर्द्र उष्ण कटिबन्धीय मण्डल

वर्ष भर उच्च तापमान तथा इतनी दृष्टि कि सरिताओं में वर्ष भर जल प्रवाह बना रहता है। वर्षा के मौसमी वितरण, वार्षिक मात्रा एवं वनस्पति के घनत्व के आधार पर इसके दो उप विभाग हैं।

(अ) सवाना प्रदेश—शुष्क तथा आर्द्र मौसम। मौसमी वर्षा तथा सामान्य वनस्पतिक आवरण। स्थल-प्रवाह प्रबल तथा सक्रिय रासायनिक अपक्षय (वर्षा काल में)।

(ब) वन प्रदेश—आर्द्र उष्ण कटिबन्ध। वर्षा वर्ष भर। अधिकतम वनस्पतिक आवरण। रासायनिक तथा जैविक अपक्षय अधिकतम।

### 1 शीत आकार-जलवायु प्रदेश

शीत आकार-जलवायु प्रदेश की सीमा का निर्धारण तुषार के आधार पर किया जाता है। तुषार ही प्रमुख आकार जब प्रथम होता है जो कि न केवल विशिष्ट प्रक्रियाओं को जन्म देता है वरन् अप्रादेशिक कारकों<sup>1</sup> (azonal processes) तथैव, पवन तथा नदियों के

1. zonal processes (प्रादेशिक प्रक्रम) वे प्रक्रम तथा क्रियाएँ होती हैं जो किसी खास जलवायु प्रदेश में ही सक्रिय होती हैं। Azonal processes (अप्रादेशिक प्रक्रम) उन्हें कहते हैं जो प्रायः सभी जलवायु-प्रदेशों में कमोबेश मात्रा में सक्रिय होते हैं जैसे सरिता, पवन, तरंग आदि। Extrazonal processes (प्रदेशांतर प्रक्रम) उन्हें कहते हैं जो किसी खास जलवायु-प्रदेश में सक्रिय तो होते ही हैं परन्तु कुछ खास परिस्थितियों में अन्य एकाग्र जलवायु प्रदेश में भी कम सक्रियता के साथ सक्रिय हो जाते हैं जैसे हिमनद हिमानी जलवायु के प्रथम हैं परन्तु उष्ण कटिबन्धीय भागों में उच्च पर्वतों पर भी सक्रिय हो जाते हैं। Polyzoal processes (बहु मण्डलीय प्रक्रम) उन्हें कहते हैं जो कई जलवायु प्रदेश में उभय (common) होते हैं लेकिन सार्वत्रिक नहीं होते हैं। बहता जल इसका प्रमुख उदाहरण है।

कार्यों को भी प्रभावित करता है (उनसे परिमार्जन तथा परिवर्तन जाता है)।

(अ) हिमानी मण्डल—इस आकार-जनक प्रदेश में वर्ष भर तापमान इतना न्यून होता है कि हिमद्रवण नहीं हो पाता है। बाह (run off) ठोस रूप (हिम) में होता है। इनकी सीमा हिमनद सीमा में सामंजस्य रखती है। हिमनद अपरदन तथा परिवहन का प्रमुख कारक होता है।

(ब) परिहिमानी मण्डल—इस मण्डल का सीमावन उम तापमान के आधार पर होता है जिसके कारण मौसमी हिमीकरण-हिमद्रवण (freeze thaw) तथा दैनिक हिमीकरण-हिमद्रवण होता है। वर्ष भर हिमाच्छादन नहीं रहता है। ग्लोमकाल में बाह (run off) जल के रूप में होता है। तुपार की कालिकता (periodicity) वनस्पति के अवरोध तथा कुल वार्षिक वर्षा (precipitation) के आधार पर इसके कई उप विभाग किये गये हैं। (i)

अति परि हिमानी प्रदेश (hyper periglacial province)—के उदाहरण अंटार्कटिका तथा पियरी लैंड प्रदेश हैं। (ii) मध्य परिहिमानी प्रदेश (meso periglacial province) के अन्तर्गत उत्तरी अमेरिका तथा यूरेशिया के बन्जर प्रदेश को सम्मिलित करते हैं। यूरोप को छोड़ कर परमाफास्ट सर्वत्र विद्यमान रहता है। शीष्मकाल में हिमद्रवण होता है। वनावरण नगण्य होता है। प्रमुख प्रक्रम तुपार अपक्षय (frost weathering or congelifraction), मृदा सर्पण (congelifluction) तथा तुपार अपरदन (congeliturbation) होते हैं। जलवायु महाद्वीपीय होती है, शुष्कता रहती है, शरदकाल तीव्र होता है, शीष्मकाल कुहरा युक्त होता है, वायु का कार्य नगण्य होता है। प्रणालीबद्ध धरातल (patterned ground), मृदासर्पण ढाल (solifluction slope), ब्लॉक फ्रीज, प्रस्तर सरिता, तुङ्ग सपाटीकृत वेदिका (altiplanation terrace) आदि प्रमुख प्रारूप हैं। (iii) दुर्द्धा प्रदेश में वनस्पति बाह (run off), गहरी सक्रिय मलह (active layer) के विकास, मृदा सर्पण तथा वायु के कार्य एवं प्रभाव में अवरोधन प्रस्तुत करती है। कई बार हिमीकरण-हिमद्रवण होता है। (iv) स्टेपी परिहिमानी प्रदेश में वायु सर्वाधिक सक्रिय होती है। शुष्कता के कारण तुपार अपक्षय कम होता है। यह प्रदेश अलबर्टा, मंगोलिया तथा उत्तरी आइसलैण्ड में पाया जाता है। (v) देगा प्रदेश—प्लीस्टोसीन युगीन अवशिष्ट परमाफास्ट में सम्बन्धित है। वन्यकाल में हिमद्रवण

की तीव्रता के कारण तुपारमर्पण (gelifluction) में स्थगन हो जाता है। इस प्रदेश का विकास (अ) सतत् परमाफास्ट तथा (ब) अविच्छिन्न परमाफास्ट पर होता है।

## 2 वनावृद्धित मध्य अक्षांशीय मण्डल

इस आकार-जनक वायु या आकारजनक प्रदेश का विस्तार दोनों गोलार्द्धों में मध्य अक्षांशीय प्रदेशों में पाया जाता है परन्तु उत्तरी गोलार्द्ध में यह अधिक विस्तृत है। यूरेशिया में इसका विस्तार एक लम्बी पट्टी के सहारे पाया जाता है जो अटलांटिक तट से प्रारम्भ होकर बैकाल झील तक फैला है। इसके आगे यह आमुर्न बेसिन, कोरिया तथा जापान में भी विस्तृत है। उत्तरी अमेरिका में इसका विस्तार टक्काम से लैब्राडोर तक पूर्वार्द्ध भाग में तथा प्लोरिडा में यूकान घाटी तक है। पश्चिमी भाग में यह उत्तरी कैलिफोर्निया में अलास्का प्रायद्वीप तक विस्तृत है। दक्षिणी गोलार्द्ध में दक्षिणी अमेरिकी में प्रगान्त तट के सहारे मेण्टियायो द चिली के दक्षिण, नैटाल तट, आर्जेन्टिना के पूर्वी तट, तस्मानिया तथा न्यूजीलैण्ड में यह प्रदेश विस्तृत है। गर्म एवं आर्द्र शीष्मकाल के कारण धरातल पर मोटा आवरण-प्रस्तर (deep regolith) विकसित हुआ है। इस प्रदेश में आकारजनक तीव्रता (morphogenetic intensity) न्यून होती है। उच्चावच का जनन एवं विकास मन्द गति से सम्पन्न होता है। पत्ते वनावरण के कारण पत्तियों के गिरने से तृण-बिछावन (litter) की मोटी परत बन जाती है क्योंकि ह्यूमस का खनिजीकरण कम हो पाता है। इस तृण-बिछावन के कारण स्थलप्रवाह (overland flow) कम हो जाता है जिस कारण यान्त्रिक अपरदन न्यून हो जाता है। कुल मिलाकर इस प्रदेश में भौतिक और यान्त्रिक, रासायनिक और जैविक आकारजनक प्रक्रमों की सक्रियता अत्यधिक न्यून होती है। जिस कारण प्लीस्टोसीन अपरदन-मलह प्रायः सुरक्षित हैं। इस मण्डल के अधिकांश उच्चावच अवशिष्ट (relict) हैं। जलवायु में भूव्यापीय परिवर्तन के कारण आकारजनक प्रक्रमों में स्थानीय परिवर्तन होते हैं। इस आधार पर इस मण्डल को निम्न 3 उपप्रदेशों में विभक्त किया गया है।

(अ) सागरीय मण्डल (Maritime zone) —यह मण्डल आर्द्र होता है, तापान्तर तथा आर्द्रता विचरण (variation) न्यून होता है। इसका सबसे अधिक विचार पश्चिमी यूरोप में नार्वे से पेरेनीज तक हुआ है परन्तु पोलैण्ड तक भी इसका विस्तार पाया जाता है। इसके

अलावा ब्रिटिश कोलम्बिया, चिली, तस्मानिया तथा न्यूजीलैण्ड में इसका विकास हुआ है। तुषार सामान्य होता है तथा इसकी अवधि कम होती है। गैलस्तर (bed-rock) तक इसका प्रभाव नहीं हो पाता है। ग्रीष्मकाल में भी वृष्टि होने से मिट्टी का शुष्कन (desiccation) नहीं हो पाता है। यान्त्रिक प्रक्रम सामान्य होते हैं परन्तु रासायनिक अपरदन सर्वाधिक होता है। ह्यूम में अम्ल की मात्रा होने से ग्रेनाइट शैल का विघोजन अधिक होता है।

(ब) महाद्वीपीय मण्डल—इसका विकास एशिया तथा उत्तरी अमेरिका के पूर्वी भाग पर हुआ है। वर्ष में मौसम सम्बन्धी विभिन्नता अधिक होती है। शरदकाल तीव्र होता है। वर्षा तेज होती है। परिणामस्वरूप यान्त्रिक प्रक्रम अधिक सक्रिय होते हैं। तुषार अधिक तीव्र होता है तथा गैलस्तर तक पहुँच जाता है। वसन्तकाल में हिमद्रवण जल (melt water) तथा जलवृष्टि के कारण स्थलप्रवाह (overland flow) अधिक होने से चादरी-अपरदन (sheet erosion) होता है तथा अवनालिकीकरण (gullying) होता है। शरदकाल में तुषार के आधिपत्य एवं ग्रीष्मकाल में अत्यधिक स्थलप्रवाह के कारण जल के अन्तःस्फन्दन (infiltration) के न्यून होने से गम्यायनिक अपक्षय तथा अपरदन न्यून होता है।

(स) गर्म शीतोष्ण या उपोष्ण मण्डल—इसका सर्वाधिक विकास हम मागरीय जलवायु में हुआ है। तुषार प्रायः अनुपस्थित रहता है। वर्ष में क्रम से शुष्क (ग्रीष्मकाल) एवं तर (शरदकाल) मौसम के कारण जलज गैल के आयतन में क्रमशः विस्तार (शरदकाल) एवं संकुचन (ग्रीष्मकाल) के कारण भू-स्खलन अधिक होता है। तीव्र वृष्टि के कारण अत्यधिक स्थलप्रवाह एवं सगिहाओं में तीव्र जल प्रवाह के कारण अपरदनात्मक कार्य अधिक सक्रिय होता है।

### 3. शुष्क मण्डल

यह मण्डल मध्य असाशीय वनाच्छादित मण्डल तथा आर्द्र उष्ण कटिबन्धीय मण्डल के मध्य पाया जाता है। वनस्पति स्टेपी से रेगिस्तानी प्रकार की होती है। वनस्पतिक आवरण न्यून होता है। शुष्कता अधिक होती है। वर्षा अत्यधिक प्रतिनियमित होती है। जब कभी भी तीव्र वर्षा होती है वनस्पतिक आवरण के अभाव तथा पतले मृदा आवरण के कारण जल के अन्तःस्फन्दन (infiltration) न होने के कारण बाही-जल (run off, water) अधिक गति हो जाता है। बजाडा तथा पेटीमेण्ट प्रमुख

स्थलरूप होते हैं। वायु का कार्य अधिक सक्रिय होता है। बालुकास्तूप (sand dunes) निर्मित होते हैं। इस मण्डल को तीन उपभागों में विभक्त किया जाता है।

(अ) उषार्द्र स्टेपी प्रदेश—इसका विस्तार सहारा के उत्तर तथा दक्षिण, पूर्वी अफ्रीका, कालाहारी के चतुर्दिक, एशिया माइनर, मध्य एशिया, आस्ट्रेलिया, संयुक्त राज्य अमेरिका के उच्च मैदान, कनाडा के प्रेयरी प्रदेश, मेक्सिको के पठार तथा अर्जन्टाइना के पम्पास में पाया जाता है। जहाँ पर घास का आवरण अधिक है, वहाँ पर यान्त्रिक अपरदन में शिथिलता आ जाती है। वायु का अपवाहन कार्य नदियों की शुष्क तली में ही परिबेष्टित होता है। वायु का प्रमुख कार्य लोयस का निर्माण होता है। इसका प्रमुख उदाहरण चीन में पाया जाता है। जहाँ पर अचानक तीव्र जलवृष्टि हो जाती है, बाही जल सक्रिय हो जाता है तथा सम्भवतः अपरदन होने से अवनालिकाओं (gullies) का निर्माण होता है। शुष्कता के कारण निदालन (leaching) नहीं हो पाता है।

(ब) अर्द्ध-शुष्क प्रदेश—इसमें स्टेपी वनस्पति अविच्छिन्न रूप में पायी जाती है। जलवृष्टि सामान्य होती है (प्रायः न्यून) परन्तु आकस्मिक तीव्र वृष्टि के कारण प्राचीन बाही जल विकसित हो जाता है। इस प्रदेश में पेटीमेण्ट तथा इन्सेलबर्ग का सर्वाधिक विकास होता है। वर्षा इतनी नहीं हो पाती है कि क्रमबद्ध प्रवाह-जल का विकास हो सके। वनस्पति के अभाव में घरातल की सरसण नहीं मिल पाता है। आवरण-प्रस्तर (regolith) पतला होता है। स्थलप्रवाह (overland flow) पर्याप्त होता है। अपरदन का मुख्य प्रक्रम जल है। वायु का कार्य नगण्य होता है।

(स) शुष्क प्रदेश—ये उष्ण शुष्क रेगिस्तानी भाग होते हैं जहाँ वर्षा का अभाव होता है। बाही-जल तो पूर्णतया अनुपस्थित ही रहता है। घरातल रेतीला तथा चट्टानी होता है, तथापि वह पारगम्य होता जिस कारण जल का अन्तःस्फन्दन हो जाने से बाही जल नहीं हो पाता है। सहारा का रेगिस्तान इसका प्रमुख उदाहरण है। जल-वर्षा के अभाव में उच्चावच का विकास अत्यन्त मन्द गति से सम्पादित होता है। वायु यद्यपि सक्रिय होती है परन्तु उसकी सामर्थ्य मात्र ढीले कणों वाले जमाव (रेत) को एक जगह में उठाकर दूसरी जगह तक ले जाने में ही बर्ती होती है। इसका आकारजनक कार्य नगण्य होता है। वास्तव में जल तथा वायु अपरदन के

कारक न होकर परिवहन के कारक ही बनकर रह जाते हैं। तापमान में विभिन्नता के कारण चट्टानों का विघटन अधिक सक्रिय होता है। ग्रेनाइट पर इसका प्रभाव सबसे अधिक होता है।

#### 4 आर्द्र उष्ण कटिबन्धीय मण्डल

इस मण्डल में आर्द्रता के आधार पर सवाना तथा वन प्रदेश का उपमण्डल होते हैं। जहाँ पर वाषिर्क जल-वर्षा 600 से 800 मि० मी० (24 से 23 इंच) होती है और शुष्क तथा आर्द्र मौसम स्पष्ट रूप से परिलक्षित होते हैं, सवाना प्रदेश का विकास हुआ है। उष्णार्द्र वन-प्रदेश का विस्तार 1500 मि० मी० (60 इंच) से अधिक वार्षिक जलवर्षा वाले भागों में पाया जाता है वहाँ कि शुष्क मौसम न तो अधिक लम्बा हो और न ही अत्यधिक शुष्क हो। दोनों प्रदेशों में वर्षा भर उच्च तापमान रहता है, तुपार का अभाव होता है अतः चट्टानों का विघटन (यांत्रिक) नगण्य होता है तापमान का अन्तर कम होता है। वायुमण्डल में नमी अधिक रहती है तथा आकाश प्रायः मेघाच्छादित रहता है। इस प्रकार उच्च तापमान एवं अधिक वर्षा के कारण रासायनिक अपक्षय तथा अपरदन अधिक होता है।

(अ) सवाना प्रदेश—आर्द्र तथा शुष्क मौसम का आकार जनक प्रक्रमों पर महती प्रभाव होता है। कठोर तथा शुष्क धरातल पर जब अचानक तीव्र जलवृष्टि होती है तो अस्फालन अपरदन (splash erosion) तथा नलिका घुलन (rill wash) अधिक होता है। जहाँ पर वानस्पतिक आवरण सघन होता है वहाँ पर नलिका घुलन का स्थान चावरी बाढ़ (sheet flood) ले लेती है। अर्थात् तब जब जल नीचे की ओर चलता है तो बड़ मिट्टी तथा धुलाकर अलग किये गये पदार्थों में भरित हो जाता है, परिणामस्वरूप उन्हें निम्न भागों में निक्षेपित कर देता है, जिस कारण उच्चावच का अन्तर घटने

लगता है और समतलीकरण (planation) प्रारम्भ हो जाता है। कवच (cursses) का जहाँ पर निर्माण हो जाता है वहाँ पर वह निचले भाग को संरक्षण प्रदान करता है तथा तीव्र कम ढाल वाले छोटे-छोटे पठारों का निर्माण करता है। इन कवच के कारण वाही जल (run off) तथा स्थल प्रवाह (overland flow) अधिक तो होता है परन्तु भौतिक अपक्षय के अभाव में निष्क्रिय हो रहता है।

(ब) उष्णार्द्र वन प्रदेश—इस प्रदेश में वर्षा भर उच्च तापमान तथा अत्यधिक वृष्टि के कारण सर्वप्रमुख प्रक्रम रासायनिक अपक्षय होता है जिसके कारण मोटे आवरण-प्रस्तर (regolith) का निर्माण होता है। चट्टानों में चूना घुल जाता है। ग्रेनाइट नीस तथा उनसे सम्बन्धित शैलों पर जनन अपक्षय होने से 10 मीटर तक मोटे प्रस्तर-आवरण का निर्माण हो जाता है। जनवर्षा का 98 से 99 प्रतिशत भाग इस आवरण-प्रस्तर में स्पष्ट व समान प्रविष्ट हो जाता है जिस कारण रासायनिक अपक्षय की गहराई बढ़ती जाती है। याविक अपक्षय के अभाव में नदियों में ठोस बोझ (load) की कमी होती है। इसी कारण से नदियों के मार्ग में जहाँ पर ऐसी शैल बाना भाग आता है जो रासायनिक अपक्षय के लिए अवरोधक होता है, उच्छलिकाओं (rapids) तथा प्रपातों (falls) का निर्माण हो जाता है, नदी की अनुदैर्घ्य परिच्छेदिका (longitudinal profiles) में ढाल भंग (breaks in slopes) पाये जाते हैं तथा बड़ा सोढ़ीनुमा (Step like) हो जाती है।

इस तरह स्पष्ट है कि 'आकारजनक प्रदेश' की संकल्पना कोई नयी नदी है। समतल स्थापक प्रक्रमों (gradational/planational processes) के उपर जनवायु-नियन्त्रण के और अधिक विश्वसनीय प्रमाणों के सकलन की आवश्यकता है।

# आकारमिति

(Morphometry)

## परिभाषा

किसी भी वस्तु चाहे वह गोला हो, जोड़ हो या भौतिक स्थलरूप हो के आकार के मापन तथा गणितीय विश्लेषण को आकारमिति कहा जाता है।<sup>1</sup> भौतिक उच्चावच (स्थलरूप) तथा पृथ्वी की सतह के ज्यामितीय मापन को भौतिक आकारमिति (Physical morphometry) की सजा प्रदान की जा सकती है परन्तु सामान्य रूप में इसे 'आकारमिति' के नाम से ही जाना जाता है। आकारमिति के अन्तर्गत किसी भी क्षेत्र के स्थलरूपों के क्षेत्रफल, ऊँचाई विस्तार, दान आदि का मापन किया जाता है। आकारमिति के लिए आवश्यक आँकड़े या तो क्षेत्र में वास्तविक मापन द्वारा या मानकिक (भू-पत्रक) से प्राप्त किये जाते हैं। नदियों तथा प्रवाह-बेसिन (Drainage basin) के विभिन्न पहलुओं (नदियों तथा उनकी शाखाओं की लम्बाई, उनकी सख्या मैगमेट, क्रम-आङ्क तथा उनमें विभिन्न अनुपात) का अध्ययन आकारमिति में सर्वाधिक महत्वपूर्ण हो जाता है। इन मापनों (Measurements) में प्राप्त आँकड़ों को रेखाचित्र, मानचित्र, आरेख तथा ग्राफिक्स की विभिन्न विधियों से प्रदर्शित करके स्थान विशेष के स्थलरूपों की सम्यक जानकारी प्राप्त की जाती है साथ ही साथ उनके समय विकास के गहन-समझ और उत्पत्ति का भी ज्ञान प्राप्त हो जाता है। इस कार्य हेतु अब आकार-जनक प्रक्रमों (Morphogenetic processes) तथा उस स्थान की जनजात का भी मात्रात्मक अध्ययन आवश्यक हो गया है और यही कारण है कि आकारमिति भूतत्त्व में गतिक भू-आकारिकी (Dynamic Geomorphology) में सम्बन्धित हो गई है।<sup>2</sup> वर्तमान समय में आकारमिति

का प्रयोग अपरदन-गतह, दान, उच्चावच, घाटी, प्रवाह-बेसिन आदि के विश्लेषण के लिये अधिक किया जा रहा है।

भू-आकारिकी के जिज्ञासुओं के लिए आकारमिति का प्रयोग नूतन लग सकता है, परन्तु यदि पिछले इतिहास के पत्रों की पलटा जाय तो प्रतीत होने लगता है कि आकारमिति का प्रचलन डेविड के पहले भी था, परन्तु उसका आधार गुणात्मक विश्लेषण (Qualitative analysis) ही था। सम्प्रति उसका स्थान मात्रात्मक विश्लेषण ने ले लिया है। आकारमिति के विकास का स्वकीय इतिहास है। प्रारम्भ में उच्चावच का आकार-मापन उनके तुलनात्मक वर्णन के लिये किया जाता था। इनके बाद आकारमिति का प्रयोग कुछ विशेष स्थलरूपों के वैज्ञानिक (मात्रात्मक) वर्णन के लिये किया गया (अपरदन-गतह), जिसके अन्तर्गत क्षेत्रफल, ऊँचाई, दान आदि का गणितीय मापन तथा विभिन्न प्रकार के रेखाचित्रों (उच्चतादर्शी वक्र-Hypsographic/metric curve) प्रवणतादर्शी वक्र—(Clinographic curve), उच्चता-प्रवणतादर्शी वक्र (Hypso-clinographic curve), भुजता आवृत्ति वक्र (Altimetric frequency curve आदि) का प्रयोग किया गया है तथा अब भी किया जा रहा है। द्वितीय विश्व युद्ध के बाद से आकारमिति में और बारीकी आ गई है तथा अब सधु क्षेत्रों की आकारमिति पर अधिक बल दिया जाने लगा है। इसे सधु आकारमिति (Micromorphometry) की सजा प्रदान की जाती है। इसके अन्तर्गत प्रवाह-बेसिन की आकारमिति का अध्ययन किया जाता है ताकि उन क्षेत्र में अपरदन के स्वरूप, दान के निर्माण एवं विकास में सम्प्रतिष्ठ कुछ विद्वानों

1. Measurement of the shape, or geometry of any natural form—be it plant, animal or relief feature—is termed morphometry—Strahler, A N 1969 Physical Geography, 3rd Edition John Wiley and Sons, Inc New York, p 482

1. b. Morphometry may be defined as the measurement and mathematical analysis of the configuration of the earth's surface and of the shape and dimensions of its land-forms—[John I Clarke]—Dury, G H., 1970, Essays in Geomorphology, Heinemann, London, p. 236

2. यही।

तथा नियमों का प्रतिपादन किया जा सके। आकारमिति के विकास में दो मार्तनी (1934), जोवा नोविक (1940), पेग्ये (Peguy—1942 47, 48), डी स्मेट (1951, 54), स्ट्रालर (1950, 54, 58) Barot (1955), बालिंग (1957, 59), हाटैन, बलार्क, ओरेल (Ornell), मेन्टन (1958, 1959), शुम (1956, 1963) मैन्मवेल (1955, 1960), एण्डरसन (1957) बोट्टम (1958), ब्रास्को (1959), मोन्सियावा (1959), कार्लस्टेन (1960, 1963, 1965), ब्रन (1961) थोर्न (1962, 1969, 1972) लियोपोल्ड तथा रैंगवैन (1962) वाड्डन तथा बालिंग (1964), ध्यायन तथा बलार्क (1964) जियुम्ती और स्नोडर (1965), ग्रीडगर (1965), वाड्डन और बालिंग (1965) आन्डरसन (1966), किंग (1966), आर० यल० मिह (1967), मिहल्टन (1966), श्रीय (1966) ग्रेगरी (1968), ग्रेगरी और बालिंग (1968), बो०टी० चो (1969), कॉमर और जिम्मेरमैन (1969), ड्युरी (1969), केनिग्न (1969), हंगट और जोर्न (1969) लियोपोल्ड, उल्मन और मिलर (1969), अब्राहम्स (1970), डैनियल (1970), घोप और गोडगर (1970), थर्क (1970), गाडिनर (1971), बालिंग (1971) गाडिनर (1977), स्मार्ट (1972), ग्रेगरी और बालिंग (1973), ग्रेगरी (1976), सविन्द्र सिंह (1976, 1978 तथा 1981) आदि ने महत्वपूर्ण योगदान दिया है।

बोध

स्मरणीय है कि आकारमिति को सर्वसम्मति से स्वीकार नहीं किया गया है। प्रारम्भ से ही इसका विरोध होता रहा है। पेरक न 1894 में आकारमिति का विरोध करते हुए बताया कि मापन का कार्य सरल नहीं है।

1921 में हेटनर ने बताया कि स्थलरूपों की जननिक व्याख्या में आकारमिति में कोई सहायता नहीं मिलती है। बलार्क ओरेल तथा बालिंग ने इसका प्रयोग कुछ विशेष स्थलरूपों के लिये ही वांछित बताया है। वास्तव में कहीं-कहीं पर आकारमिति में भ्रामक निष्कर्ष भी निकल जाते हैं। उदाहरण के लिये 'प्राचीन अपरदन-मतह' के निर्धारण के लिए तुंगता आवृत्ति वक्र के प्रयोग द्वारा जिन उच्चस्थ स्थलों का अंकन किया जाता है, यह आवश्यक नहीं है कि वे प्राचीन अपरदन-मतह के अवशेष हों ही। हो सकता है कि वे उच्चस्थ भाग सवलन (Warping) के कारण बन गये हों। इसके अलावा आकारमिति का प्रयोग सगाय लघु क्षेत्र (Small homogeneous region) में किया जाता है। इससे प्राप्त परिणाम किसी विस्तृत क्षेत्र में, जहाँ पर जटिलता हो, लागू नहीं हो सकते हैं। आकारमिति प्रतिचयन (Sampling) पर आधारित है अतः इससे सही निष्कर्ष नहीं निकल सकते, साथ ही साथ यह कठिन कार्य है और समय अधिक लगता है जब कि फल कम प्राप्त होता है। ड्युरी (Dury)<sup>1</sup> महोदय भी जो कि आकारमिति के घोर समर्थक हैं भू-आकारिकी में क्षेत्र कार्य (Field work) को सर्वोपरि मानते हैं। केवल उन्हीं मानचित्रों से आकारमिति द्वारा सही परिणाम निकल सकते हैं, जिनको 'क्षेत्र-कार्य' के आधार पर तैयार किया गया है। 'क्षेत्र-कार्य' को बेकर तथा स्ट्रालर<sup>2</sup> भी महत्वपूर्ण मानते हैं। बालिंग<sup>3</sup> ने भी इन बात पर सन्देह प्रकट किया है कि बिना गणित के प्रयोग के भू-आकारिकी में सही परिणाम नहीं निकाले जा सकते।<sup>1</sup> बलार्क तथा ओरेल<sup>4</sup> ने भी आकारमिति की विभिन्न विधियों का अध्ययन करते-करते तथा उनका Gozo और Guernsey द्वीपों पर प्रयोग करने के बाद निष्कर्ष दिया कि यह आवश्यक नहीं है कि विभिन्न

- 1 Dury G. H 1952 : 'Methods of cartographical analysis in geomorphological research', Indian Geographical Society Silver Jubilee Souvenir V p 136 [Madras]
- 2 Baker, J. P. & Strahler, A. N. 1956 Report on Quantitative Treatment of Slope Recession Problems', Premier Report de la Commission Poul' Etude des versants, p 30 [Amsterdam].
- 3 Baulig, H., 1950 'William Morris Davis Master of methods Annals of the Association of American Geographers, Vol 40 p. 195, [Lancaster]
- 4 Clarke, J. I & Orrele K., 1958 : 'An assessment of some morphometric methods', Department of Geography, Occasional paper series No 2, Durham College



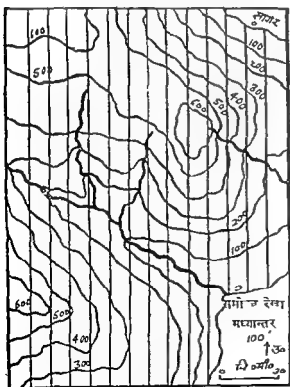
आकारमितीय विधियों (एक ही उद्देश्य के लिये) में पर्याप्त एक सा ही हो। उनमें पर्याप्त अन्तर होता है। उपर्युक्त तथ्य की पुष्टि मविन्द्र सिंह (1972) द्वारा विन्ध्यामपुर क्षेत्र के आकारमितीय अध्ययन में प्राप्त परिणामों द्वारा भी होती है।

इन आपत्तियों के होने हुए भी आकारमिति का प्रयोग कुछ स्वरूपों के अध्ययन में वाछनीय है। यहाँ पर अपरदन-सतह के निर्धारण तथा प्रवाह बेसिन की विभिन्न आकारमितीय विधियों का विवेचन किया जायगा।

### उच्चावच आकारमिति

#### (Morphometry of relief features)

इसके अन्तर्गत उच्चावच की ऊँचाई आकार विस्तार, दाल आदि का मापन (Measurement) किया जाता है तथा उनका प्रदर्शन उच्चावचदर्शी वक्र, प्रवणता-दर्शी वक्र, तुल्यता आवृत्ति वक्र या द्वारणीकृत समोच्च रेखाओं (Generalised contours), प्रक्षेपित परिच्छेदिका अध्यारोपित परिच्छेदिका, मयूक परिच्छेदिका



चित्र 37 — समोच्चरेखा मानचित्र। क्षेत्रफल के अनुमान के लिये अन्तर्खण्ड (Intercepts) का प्रयोग।

ऊँचाई-परिस्तर आरेख (Height-range diagram) याचि द्वारा किया जाता है। इन विधियों में किसी क्षेत्र में प्राचीन अपरदन-सतह के निर्धारण तथा घर्षण (Dissection) की मात्रा का अध्ययन किया जाता है तथा साथ ही साथ ढाल के विभिन्न पट्टियों का भी विवरण प्राप्त किया जाता है।

### 1 उच्चतामिति (Hypsometry)

इसके अन्तर्गत किसी क्षेत्र विघेप के क्षेत्रफल तथा उसकी ऊँचाई के विभिन्न अनुपातों तथा मह-सम्बन्धों का अध्ययन किया जाता है। इस विधि में निम्न तीन तरह के वक्रों की सहायता में उच्चावच का अध्ययन किया जाता है।

#### (1) क्षेत्र-ऊँचाई वक्र (Area-height Curve) —

किसी भी प्रदेश का क्षेत्र-ऊँचाई वक्र तैयार करने के लिये दो तरह के आँकड़े चाहिए—1-प्रत्येक दो क्रमिक

#### सारणी—1

समोच्च रेखा	सभी अन्तर्खण्डों का योग	योग का वास्तविक प्रतिशत	प्रतिशत सचयी
600' से ऊपर	8.5"	6.55%	6.55
600'-500'	17.5"	13.35%	19.90
500'-400'	20.5"	15.25%	35.15
400'-300'	22.0"	16.75%	51.90
300'-200'	26.0"	20.00%	71.90
200'-100'	21.0"	15.55%	87.45
100'-0'	16.5"	16.55%	100.00
	132.0"	100.00%	

आँकड़ा—लेखक (चित्र—37 पर आधारित)

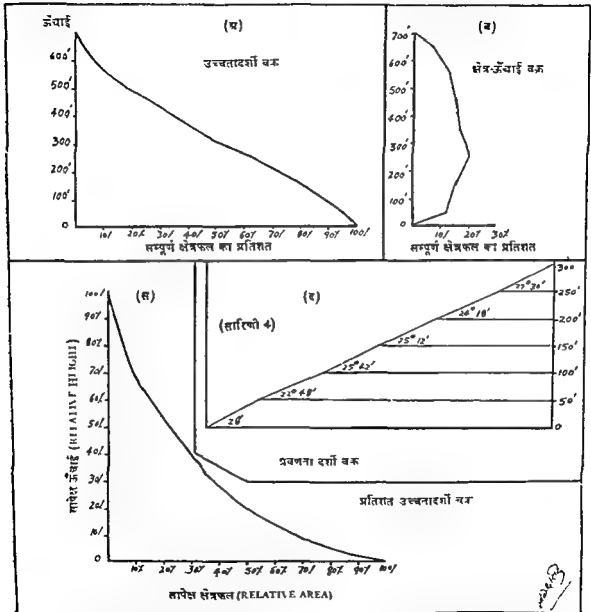
#### सारणी—2 (चित्र 37 पर आधारित)

सापेक्षिक ऊँचाई का प्रतिशत	सचयी प्रतिशत	सापेक्षिक क्षेत्रफल का प्रतिशत	सचयी प्रतिशत
समोच्च रेखा $h \times 100$	$H$	सापेक्षिक क्षेत्रफल $a \times 100$	$A$
0'-100'	2.08	2.08	12.55
100'-200'	6.29	8.37	15.55
200'-300'	10.41	18.78	20.00
300'-400'	14.56	33.34	16.75
400'-500'	18.75	52.09	15.25
500'-600'	22.91	75.00	13.35
600'-से ऊपर	25.00	100.00	6.55

(आँकड़ा—लेखक)

समोच्च रेखाओं के बीच का वास्तविक क्षेत्रफल तथा 2—ऊँचाई। क्षेत्रफल प्लेनीमीटर की सहायता से पाए कर लिया जाता है, जबकि ऊँचाई समोच्चरेखा मानचित्र (Contour map) से मुलभ हो जाती है। अक्षिज अक्ष (Axis) के सहारे क्षेत्रफल को तथा लम्बवत अक्ष के सहारे ऊँचाई को X द्वारा प्रदर्शित किया जाता है और

अन्य में सभी X को मीथी रेखा में मिलाकर वक्र तैयार कर लिया जाता है। प्लेनीमीटर में क्षेत्रफल निशानने में कठिनाई अधिक होती है। इसमें बचने के लिय मिन्ग (1935) ने एक सरल विधि तैयार की है। समोच्च रेखा मानचित्र को समदूरी समानान्तर रेखाओं में विभाजित कर लिया जाता है। प्रत्येक दो क्रमिक समोच्च



8C अक्ष—उच्चतादर्शी वक्र (Hypsometric Curve), ब—क्षेत्र-ऊँचाई वक्र (Area-height Curve)  
 स—प्रतिशत उच्चतादर्शी वक्र (Percentage Hypsometric Curve)—चित्र 37 पर आश्रित।  
 द—प्रवणतादर्शी वक्र (Clinographic Curve)—चित्र 39 पर आश्रित।

आँकड़ा तथा चित्रांकन—मचिन्द्रमिह, 1972

रेखाओं के बीच पड़ने वाले समानान्तर रेखाओं के अन्तर्च्छेदों (Intercepts) को सम्पादित ज्ञात कर ली जाती है तथा उनका योग कर लिया जाता है। इस योग का उन दो क्रमिक समानान्तर रेखाओं के बीच के दायमित्रिक क्षेत्रफल के समानुपातित्व (Proportional) मान दिया जाता है। पूरे समानान्तर रेखाओं के बीच के सभी अन्तर्च्छेदों के योग द्वारा पूरे क्षेत्र का क्षेत्रफल ज्ञात किया जाता है तथा प्रत्येक दो क्रमिक समानान्तर रेखाओं के बीच के क्षेत्रफल का प्रतिशत निकाल लिया जाता है। इस प्रतिशत को क्षेत्रीय रेखा के सहारे प्रदर्शित किया जाता है। क्षेत्र-ऊँचाई के आकड़े में क्षेत्र-ऊँचाई आयत चित्र (Area height Histogram) भी तैयार किया जा सकता है। इस चित्र का प्रयोग लम्बकता में किया जाना चाहिए क्योंकि इनमें ढाल भंग (Break in slope) स्पष्ट सिद्ध (Accordant summits) आदि का प्रदर्शन नहीं हो पाता है। परन्तु किसी भी प्रदेश के क्षेत्र-ऊँचाई के सह-सम्बन्धों के अध्ययन के लिये यह उच्चतादर्शी वक्र (Hypsometric curve) से घटित माना जाता है।

(ii) उच्चतादर्शी वक्र (Hypsometric / graphic Curve)—उच्चतादर्शी वक्र द्वारा किसी निश्चित डेटम रेखा (Datum line) के ऊपर या नीचे विभिन्न ऊँचाई पर धरातलीय सतह के क्षेत्रफल के अनुपात का प्रदर्शित किया जाता है। लोड का उच्चतादर्शी वक्र पहले लैपरेण्ट (Lapparent) द्वारा 1883 में तैयार किया गया। इसके बाद मर् (Munay 1888) टिना (1889) पेक (1894) आदि ने इस तरह के वक्र तैयार किये। आग फनकर कोमिना (1933) ने भी आन्विक (Orlitz 1931-35) ने इसमें पर्याप्त मजबूती दी। वर्तमान समय में उच्चतादर्शी वक्र का प्रयोग लघु क्षेत्रों के सम्बन्धित वितरण के लिये किया जाता है। उच्चतादर्शी वक्र तैयार करने के लिये क्षेत्र विभाग के क्षेत्रफल तथा ऊँचाई सम्बन्धी आकड़े प्राप्त करने होते हैं। एक नियम दो विधियाँ प्रचलित हैं।

(i) पहले समस्त क्षेत्र का क्षेत्रफल प्लेनीमीटर में ज्ञात किया जाता है। उसके बाद दो क्रमिक समोच्च रेखाओं (समोच्च रेखा का मध्यमान 25', 50', 100' या 10 मी०, 20 मी०, 30 मी० हो सकता है) के बीच क्षेत्र का क्षेत्रफल निर्वाण जाता है। ऊँचाई समोच्च रेखा मान-चित्र में मिल जाती है।

(ii) प्लेनीमीटर का प्रयोग बटित होता है, उन

उपर्युक्त (क्षेत्र ऊँचाई वक्र में) अन्तर्च्छेद विधि (Intercept method) में समानुपातिक क्षेत्रफल ज्ञात किया जाता है।

क्षेत्रफल (संचयी मान—Cumulative value) को क्षेत्रीय रेखा के सहारे प्रदर्शित (प्राप्य प्रतिशत में) किया जाता है तथा सम्भवतः रेखा के सहारे ऊँचाई को प्रदर्शित किया जाता है। प्रत्येक दो क्रमिक समोच्च रेखाओं की ऊँचाई के माध्यम उसका क्षेत्रफल (प्रतिशत में)  $\times$  द्वारा दर्शाया जाता है। अन्त में सभी  $\times$  को निष्कोण रेखा (Smooth line) में मिलाकर बकर तैयार कर लिया जाता है। दक्षिण चित्र 38 में अ (द्वितीय विधि)। उच्चतादर्शी वक्र का प्रयोग ऐसे क्षेत्रों के लिये किया जाना चाहिये जिनमें भौतिक समता हो जैसे द्वीप ज्वालामुखी शृङ्खला, पहाड़ी क्षेत्र, अपरदन सतह आदि। इस वक्र के प्रयोग में कुछ मनकंठों की आवश्यकता होती है, क्योंकि इस वक्र में ढाल वाले क्षेत्र स्वयं की वास्तविक परिच्छेदिका में ढाल में अन्तर वाले क्षेत्र में समानान्तर नहीं रखते। अतः इनका प्रयोग अपरदन सतह के निर्धारण के लिये कदापि नहीं करना चाहिये। इस वक्र का प्रयोग मात्र समोच्च रेखाओं के बीच के क्षेत्रफल तथा औसत ऊँचाई के सह-सम्बन्धों को प्रदर्शित करने के लिये ही करना चाहिये।

(iii) प्रतिशत उच्चतादर्शी वक्र (The Percentage Hypsometric Curve)—इस वक्र में क्षेत्रीय अक्ष के सहारे दो क्रमिक समोच्च रेखाओं के बीच के क्षेत्रफल के प्रतिशत को प्रदर्शित किया जाता है।

$$\frac{\text{दो समोच्च रेखाओं के बीच का क्षेत्रफल}}{\text{समस्त क्षेत्रफल}} \times 100 = \frac{a \times 100}{A}$$

तथा सम्भवतः अक्ष के सहारे ऊँचाई के प्रतिशत को दर्शाया जाता है।

$$\frac{\text{दो समोच्च रेखाओं के बीच की ऊँचाई}}{\text{समस्त ऊँचाई}} \times 100 = \frac{h \times 100}{H}$$

स्टुलाय ने इस वक्र का प्रयोग अपरदन की अवस्थाओं (Stages) के निर्धारण के लिये किया है।

उच्चतादर्शी समाकल (Hypsometric integral)

प्रतिशत उच्चतादर्शी वक्र के नीचे का क्षेत्रफल सम्पूर्ण क्षेत्र के अनुपात में उच्चतादर्शी समाकल कहा जाता है जिसे प्रायः प्रतिशत में व्यक्त किया जाता है। वक्र के ऊपर वाला भाग सम्पूर्ण क्षेत्र के अनुपात के रूप में अपरदन समाकल (erosion integral) होता है। उच्चतादर्शी समाकल का अर्थ होता है कि सम्पूर्ण क्षेत्र (ऊँचाई के पक्ष में) का कितना भाग अपरदित होता है।

## सारणी—3

रांची पठार की लघु प्रवाह बेसिन के उच्चतादर्शी समाकलन

प्रवाह बेसिन	उच्चतादर्शी समाकलन %	प्रवाह बेसिन	उच्चतादर्शी समाकलन %	प्रवाह बेसिन	उच्चतादर्शी समाकलन %
1 मेन बेसिन	30.32	9 बाँकी II बेसिन	42.26	17. गंगा बेसिन	43.22
2 पाघरा बेसिन	39.67	10 अम्बालरिया बेसिन	28.38	18. उन्नगटा बेसिन	25.48
3. मन्ड बेसिन	15.80	11 जमजोर बेसिन	51.93	19. खमा बेसिन	21.93
4. बाँकी I बेसिन	20.32	12 डोगाजोर बेसिन	38.38	20. बान बेसिन	19.03
5. सोहागरा बेसिन	41.61	13 ज्ञापद बेसिन	35.48	21. डमरा बेसिन	16.13
6. नलकारी बेसिन	29.30	14. नफी बेसिन	24.84	22. मुक्काजोर बेसिन	57.74
7. छाता बेसिन	32.58	15. विरगौरा बेसिन	37.74		
8. उदियारा बेसिन	40.97	16. जुमरा बेसिन	43.87		

आवृत्ति—मन्दिर् मिर् 1978

उच्चतादर्शी समाकलन के मापन पर किसी भी क्षेत्र के अपरदन की अवस्थाओं का निर्धारण निम्न मापक के आधार पर किया जा सकता है

उच्चतादर्शी समाकलन	अपरदन की अवस्था
(i) >60%	सख्त
(ii) 60%—30%	मौड़ या साम्यावस्था
(iii) <30%	अतिम या जीर्ण

स्मरणीय है कि उच्चतादर्शी समाकलन एक नाजुक आकारमितीय प्राचल (Variable) है तथा अपरदन-चक्र की अवस्थाओं के निर्धारण में इसका उपयोग मतर्कता के साथ किया जाना चाहिये। कभी-कभी यह भ्रामक परिणाम भी प्रस्तुत करता है। 30% से कम उच्चतादर्शी समाकलन सभी सम्भव हो सकता है जब कि क्षेत्र विशेष में, जो कि जीर्णविस्था में है, कुछ मोनाडनाक अवशिष्ट हो सकें। उच्चस्थ एवं निम्नस्थ भागों का अन्तरान बना रहे अथवा जीर्णविस्था में (जबकि सभी मोनाडनाक लुप्त हो गये हों) भी उच्चतादर्शी समाकलन 40% से 60% के बीच पड़ सकता है। रांची पठार की उच्चतादर्शी (57.74%), जमजोर (51.93%), बाँकी II (42.26%), उदियारा (42.97%), पाघरा (39.67%), डोगाजोर (38.38%), ज्ञापद (35.48%) तथा मन (30.32%) बेसिन के उच्चतादर्शी समाकलन इन नदियों की साम्यावस्था को इंगित करने हैं जबकि गंगा (43.22%), जुमरा (43.87%), सोहागरा (41.61%), विरगौरा (37.74%) तथा छाता (32.58%) बेसिन के उच्च-

दर्शी समाकलन घाम्पा इ. क्योंकि ये नदियाँ अपने विकास (गंगा वा छोडकर) की अन्तिम अवस्था में हैं। इन नदियों के वाछिन उच्चतादर्शी समाकलन में अधिक मात्रा इम्निथे है कि उच्चस्थ तथा निम्नस्थ भागों का अन्तर मात्र 200 फीट तक ही है। मन्दा रांची पठार की संक्षेप नया बाँकी I नदियों के उच्चतादर्शी समाकलन (क्रमशः 15.8% तथा 20.32%) इन नदियों की वास्तविक अवस्था (जीर्ण) का अभ्यास करने हैं क्योंकि ये नदियाँ परिचामी पाद-क्षेत्र के शीर्ष पर 900 मीटर की ऊँचाई से निकलती हैं परन्तु उनका अधिकांश भार सोहागरादागा समप्रवाह-मैदल (610 मीटर) के ऊपर है। परिणामस्वरूप उच्चस्थ तथा निम्नस्थ भागों के बीच का अन्तर पर्याप्त है। अतः उच्चतादर्शी समाकलन आदर्श स्थिति में है।

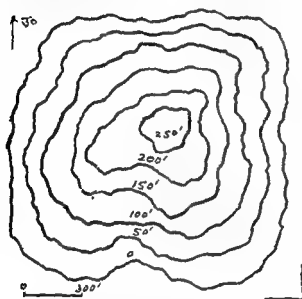
(iv) प्रक्षेपित एवं वास्तविक क्षेत्रफल (Projected and Real Area)—उच्चतादर्शी एवं क्षेत्र ऊँचाई वक्रों में मानचित्र पर अतिरिक्त क्षेत्रफल को ही प्रयोग में लाया गया है परन्तु यह क्षेत्र का वास्तविक क्षेत्रफल तो हुआ नहीं, क्योंकि ढाल कोणों को ध्यान में नहीं रखा गया है। जो इम्निथे सम्मिलित रेखाओं के बीच के वास्तविक क्षेत्रफल का परिवर्तन निम्न पुर व आग्रार पर आसानी से किया जा सकता है।

वास्तविक क्षेत्रफल = प्रक्षेपित क्षेत्रफल × औसत ढाल कोण का कोसेज (sec)

$$\text{औसत ढाल} = \frac{CI \text{ (in feet)}}{AW \text{ (in feet)}} \times \frac{CI \text{ (in m)}}{AW \text{ (in m)}}$$

किसी भी प्रदेश के धर्पणित (Dissected) क्षेत्र के अध्ययन के लिए वास्तविक क्षेत्रफल का होना अति आवश्यक होता है। वास्तविक क्षेत्रफल एवं प्रक्षेपित क्षेत्रफल के सम्बन्धों के आधार पर धर्पण की मात्रा एवं स्वभाव का अध्ययन किया जाता है। परन्तु वास्तविक क्षेत्रफल की आवश्यकता उसी समय होती है, जबकि ढाल तीव्र होता है। मन्द ढाल होने पर दोनों में अन्तर बहुत कम आता है। अतः प्रक्षेपित क्षेत्रफल से काम चल जाता है। धर्पण सूचकांक

Slaucitajs ने 1936 में प्रक्षेपित क्षेत्रफल एवं



चित्र 39—एक द्वीप का समोच्च रेखा मानचित्र  
वास्तविक क्षेत्रफल के सम्बन्धों के आधार पर धर्पण सूचकांक (Dissection-index) तैयार की है जिसको निम्न गुर के आधार पर तैयार किया जाता है।

$$\frac{RA-PA}{RA} \times 100 \quad RA = \text{वास्तविक क्षेत्रफल} \\ PA = \text{प्रक्षेपित क्षेत्रफल}$$

$$\text{डी स्मेट का धर्पण सूचकांक} = \frac{RA-PA \times \text{Average slope}}{\text{Volume}}$$

इन सूचकांकों से धर्पणकरण की दृष्टि से विषय क्षेत्रों के तुलनात्मक अध्ययन में ही सहायता मिलती है। किन्हीं समान क्षेत्र के धर्पणकरण के विषय में इनसे कोई महत्वपूर्ण सहायता नहीं मिल पाती है। धर्पण सूचकांक मात्र दो क्रमिक समोच्च रेखाओं के मध्य ही ज्ञात हो पाता है परन्तु इससे ऊँचाई के परिवर्ष में धर्पण का स्पष्ट ज्ञान हो जाता है।

डॉब मोर (1957) ने निरपेक्ष उच्चावच्च (absolute relief) तथा सापेक्ष उच्चावच्च (relative relief) के आधार पर धर्पण-सूचकांक का निम्न गुर प्रतिपादित किया है—

$$\text{धर्पण सूचकांक } DI = \frac{R_R}{A_R}$$

जहाँ  $R_R$  = Relative relief  
 $A_R$  = Absolute relief

आकृति-विश्लेषण (frequency analysis) तथा क्षेत्रीय विविधता के अध्ययन के लिये ग्रिड-विधि (एक मील  $\times$  एक मील या एक किमी.  $\times$  एक किमी.) द्वारा धर्पण सूचकांक का मान परिकलित किया जाता चाहिए तथा उन मानों को निम्न रूप में वर्गीकृत करना चाहिए—

धर्पण सूचकांक

धर्पण सूचकांक प्रकार

- (1) 0—0.1 अति निम्न धर्पण सूचकांक  $DI_{EL}$
- (2) 0.1—0.2 निम्न धर्पण सूचकांक  $DI_L$
- (3) 0.2—0.3 मध्यम धर्पण सूचकांक  $DI_M$
- (4) 0.3—0.4 उच्च धर्पण सूचकांक  $DI_H$
- (5) > 0.4 अति उच्च धर्पण सूचकांक  $DI_{VH}$

गोची पठार की चार प्रवाह बेसिन के धर्पण सूचकांक ग्रिड-विधि (एक मील  $\times$  एक मील) से परिकलित किये गये हैं तथा उन्हें सारणी 4 में (आकृति) में प्रदर्शित किया गया है—

सारणी—4

प्रवाह-बेसिन (रांची पठार)	धर्पण—वर्ग										आकृति का योग
	0—0.1		0.1—0.2		0.2—0.3		0.3—0.4		> 0.4		
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	
1. मेन बेसिन	30	41.67	34	47.22	8	11.11	—	—	—	—	72
2. घाघरा बेसिन	25	28.74	24	27.59	27	31.03	11	12.64	—	—	87
3. मध्य बेसिन	43	70.49	6	9.84	9	14.75	3	4.92	—	—	61
लोहाग्रा बेसिन	71	71.00	27	27.00	2	2.00	—	—	—	—	100

सारणी—5

घर्षण सूचकांक के सांख्यिकीय मान

प्रवाह-बेसिन (रांची पठार)	औसत $\bar{x}$	मानक विचलन (SD)	विवरण गुणांक % (v)
1. मेन बेसिन	0.119	0.066	55.46
2. घाघरा बेसिन	0.177	0.101	57.06
3. सख बेसिन	0.104	0.091	85.50
4. लोहागरा बेसिन	0.081	0.044	54.42

अविडा सविन्द्र मिह, 1978

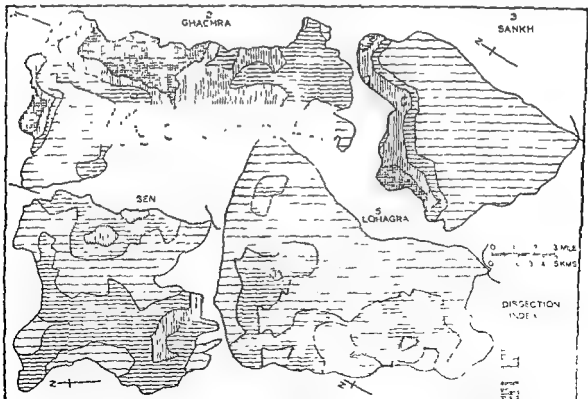
प्रवाह-बेसिन में घर्षण-सूचकांक के क्षेत्रीय विश्लेषण (spatial analysis) के लिये ग्रिड में घर्षण-सूचकांक मान के आधार पर समरेखा मानचित्र (isopleth maps) तैयार किये जाते हैं तथा सभी वर्गों के अन्तर्गत क्षेत्रफल

का परिकलन जेनीमीटर की सहायता में किया जाता है। सारणी 6 में रांची पठार की चार प्रवाह-बेसिन के घर्षण-सूचकांक का क्षेत्रीय-विचरण (spatial variation) प्रस्तुत किया गया है—

सख तथा लोहागरा बेसिन मध्य रांची पठार की ग्रेनाइट तथा नीच शैलों पर प्रवाहित हैं तथा अपने विकास की जीर्णवस्था में हैं जिस कारण अति निम्न घर्षण-सूचकांक के अन्तर्गत कुल क्षेत्रफल का क्रमशः 76.15% तथा 67.48% क्षेत्रफल परिवेष्टित है जबकि 'घाटखेव' की मेन तथा घाघरा नदियों में, जो कि अति-घर्षण-वस्था में हैं अति निम्न सूचकांक के अन्तर्गत कुल क्षेत्रफल का क्रमशः 39.77% तथा 21.27% भाग ही है।

2 प्रवणतादर्शी वक्र (Clinographic Curve)

प्रवणतादर्शी वक्र द्वारा ढाल में परिवर्तन का अध्ययन किया जाता है। इस वक्र का निर्माण दो क्रमिक समानक रेखाओं के बीच के क्षेत्रफल उनकी सम्बाद्ध तथा ऊँचाई



चित्र 40—घर्षण सूचकांक का क्षेत्रीय वितरण (रांची पठार की सप्त प्रवाह-बेसिन)  
मानचित्र-सविन्द्र मिह, 1978

## सारणी—6

## घर्पण-सूचकांक का क्षेत्रीय वितरण (वर्ग कि०मी०)

प्रवाह-बेसिन (गन्धी पठार)	घर्षण सूचकांक वर्गीकरण										सम्पूर्ण क्षेत्रफल वा योग									
	0-0.1		0.1-0.2		0.2-0.3		0.3-0.4		>0.4											
	क्ष०	%	क्ष०	%	क्ष०	%	क्ष०	%	क्ष०	%										
1 मेन बेसिन	68	50	39	77	91	05	52	86	12	69	7	37	—	—	—	—	172	24		
2. घाघरा बेसिन	43	64	21	27	62	68	30	56	66	95	32	64	31	86	15	53	—	—	205	13
3 सख बेसिन	120	31	76	15	12	82	8	11	18	39	11.64	6	47	4	10	—	—	—	157	99
4 लोहागरा बेसिन	175	48	67	48	83	01	31	92	1	55	0	60	—	—	—	—	—	—	260	04

आकडा—सविन्द्र सिंह, 1978

आदि आँकड़ों के आधार पर किया जाता है। दो क्रमिक समोच्च रेखाओं के बीच ढाल के कोण को ज्ञात किया जाता है। तन्मूलक अक्ष के सहारे समोच्च रेखा-मध्यान्तर को दर्शाया जाता है तथा प्रत्येक दो क्रमिक समोच्च रेखाओं के बीच के कोण को पाँचे की सहायता से अंकित किया जाता है। कोणों का अंकन सबसे ऊपर से प्रारम्भ होकर नीचे की ओर होता है। डेबेनहम के अनुसार प्रत्येक समोच्च रेखा की वास्तविक लम्बाई ज्ञात की

जाती है तथा उसे सैटिज अक्ष के सहारे अंकित किया जाता है। प्रत्येक समोच्च रेखा के सामने उसकी ऊँचाई तन्मूलक अक्ष के सहारे अंकित की जाती है। अब प्रत्येक समोच्च रेखा के सामने उसकी लम्बाई अंकित करके उनके मिरर को सीधी रेखा में मिलाने पर वक्र तैयार हो जाता है। प्रवणतादर्शी वक्र के निर्माण के लिये कई लोगों ने निम्न विभिन्न विधियों का प्रयोग किया है।

## सारणी—7 (चित्र 39 पर आधारित)

समोच्च रेखा	औसत ढाल कोण	सीकेण्ट (sec)	प्रक्षेपित क्षेत्रफल PA (वर्ग फीट में)	वास्तविक क्षेत्रफल RA—PA × sec mean slope angle	अन्तर (वर्ग फीट)	घर्पण सूची $\frac{RA-PA}{PA} \times 100$
0'—50'	28°	1 132	4 10,000	4,64,120	54,120	13.2
50'—100'	22°48'	1 084	4,30,000	4,66,120	36 120	8.4
100'—150'	25°42'	1 109	3,30,000	3,65,370	35,370	10.7
150'—200'	25°12'	1 105	2,40,000	2,65,200	25,200	10.5
200'—250'	24°18'	1 097	1,50,000	1,64,550	14,550	9.7
250' से ऊपर	28°	1 132	40,000	45,280	5,280	13.2
			16,00,000	17,70,640	1,70,640	$\bar{x}$ 10.6

(आँकडा-क्षेत्रफल)

(1) स्ट्रालर का औसत ढाल वक्र (Mean Slope Curve)—दो क्रमिक समोच्च रेखाओं के बीच का क्षेत्रफल ओपिसोमीटर की सहायता से परिमिति किया जाता है। ओपिसोमीटर (Opisometer) की सहायता से उन समोच्च रेखाओं की लम्बाई की गणना की जाती है।

तत्पश्चात् क्षेत्रफल को औसत लम्बाई से भाग देकर दो समोच्च रेखाओं के बीच की औसत चौड़ाई (Mean intercontour width) ज्ञात की जाती है। समोच्च रेखा मध्यान्तर को औसत चौड़ाई से विभाजित करने पर ढाल का टैन्जेंट (tangent) ज्ञात हो जाता है। पुन गणितीय

सारणी (Mathematical table) से वास्तविक ढाल का कोण ज्ञात कर लिया जाता है। (देखिये सारणी 7 तथा चित्र 38 द)।

$$AW = \frac{A}{\frac{L_1 + L_2}{2}}$$

AW = औसत चौड़ाई, A = क्षेत्रफल

$L_1, L_2 \dots$  = दो क्रमिक समोच्च रेखाओं की लम्बाई।

$$\tan \phi = \frac{CI \text{ (in feet)}}{(AW \text{ in feet})}$$

CI = समोच्च रेखा मध्यान्तर

(ii) फिन्स्टरवाल्डर का प्रवणतादर्शी वक्र—सबसे पहले मानचित्र पर ओपिमोमीटर से समोच्च रेखाओं के वास्तविक लम्बाई ज्ञात की जाती है। क्षैतिज रेखा के सहारे लम्बाई का तथा लम्बवत् अक्ष के सहारे ऊँचाई को प्रदर्शित किया जाता है। प्रत्येक समोच्च रेखा की लम्बाई के सामने उसकी लम्बाई समानान्तर रेखाओं से अंकित की जाती है तथा उनके अन्तिम सिरे को सीधी रेखा में मिला दिया जाता है। इस वक्र से अधिक चयित भाग का वास्तविक ज्ञान नहीं हो पाता है क्योंकि कभी-कभी मध्य में समोच्च रेखाओं की लम्बाई सर्वाधिक हो जाने से भ्रान्तियाँ उत्पन्न हो जाती हैं। देखिये चित्र 41 ब।

(iii) फिन्स्टरवाल्डर का उच्चता-प्रवणतादर्शी वक्र (Hypso/Clinographic Curve of Finsterwalder)

इस वक्र के निर्माण के लिए उच्चतामिति (Hypsometry) के आँकड़े प्राप्त किये जाते हैं तथा समोच्च रेखाओं की लम्बाइयाँ भी ज्ञात की जाती हैं। क्षैतिज रेखा के सहारे 'संचयी क्षेत्रफल' (Cumulative area) का प्रदर्शित किया जाता है और उसे प्रत्येक दो क्रमिक समोच्च रेखाओं के बीच के क्षेत्रफल के हिमाव म विभजित कर लिया जाता है। लम्बवत् अक्ष के सहारे समोच्च रेखाओं की संचयी लम्बाई (सभी समोच्च रेखाओं की लम्बाई को समोच्च रेखा मध्यान्तर से गुणा करने पर प्राप्त लम्बाई को पूर्ण लम्बाई के रूप में रखा जाता है) को प्रदर्शित किया जाता है। पुनः प्रत्येक समोच्च रेखा की लम्बाई (वास्तविक लम्बाई × समोच्च रेखा मध्यान्तर) के हिमाव से लम्बवत् अक्ष को खण्डित कर लिया जाता है। प्रत्येक समोच्च रेखा की लम्बाई एवं क्षेत्रफल के बटान बिन्दुओं (x) को निष्कोण रेखा से मिला दिया जाता है तथा वक्र तैयार हो जाता है। लम्बवत् तथा क्षैतिज अक्षों की सीधी रेखा में मिलाया जाता है जो कि क्षैतिज ढाल को प्रदर्शित करती है। देखिये सारणी 9 तथा चित्र 41 अ।

$$\tan \phi = \left[ \frac{h \times L_1}{A_1} \right] \quad \begin{array}{l} h \text{—ऊँचाई।} \\ L_1 \text{—निचली समोच्च रेखा की लम्बाई।} \\ A_1 \text{—दो क्रमिक समोच्च रेखाओं के बीच का क्षेत्रफल।} \end{array}$$

सारणी 8 (चित्र 39 पर आधारित)

समोच्च रेखा	क्षेत्रफल† (वर्गफीट)	लम्बाई* (फीट)	औसत ल० (फीट)	औसत चौ० (फीट)	tan value	ढाल का कोण
0-50'	4,10,000	4700 } 4000 }	4350	94.24	0.53	28°
50'-150'	4,30,000	4000 } 3250 }	3625	118.6	0.42	22°, 48'
100'-150'	3,00,000	3250 } 2600 }	2925	102.56	0.48	25°, 42'
150'-200'	2,40,000	2600 } 1900 }	2250	106.66	0.47	25°, 12'
200'-250'	1,50,000	1900 } 850 }	1375	109.09	0.45	24° 18'
250' से ऊपर	40,000	850	425	94.11	0.53	28°

† क्षेत्रफल वर्ग विधि से परिकलित किया गया है।

(आकड़ा लेखक)

• समोच्च रेखाओं की लम्बाई धागे (Thread) की सहायता से नापी गई है।



स्मेट (De Smet 1954) ने फिन्स्टरवाल्डर के 'उच्चताप्रवणतादर्शी वक्र' में कई दोष बताये हैं। इनके अनुसार सम्भवतः अक्ष को विभाजित करने की फिन्स्टर-वाल्डर की विधि त्रुटिपूर्ण है। उन्में निम्न गुर में विभाजित करना चाहिए।

$$h \left[ \frac{L_1 + L_2}{2} \right]$$

$$h \left[ \frac{L_1 + L_2}{2} + \frac{L_2 + L_3}{2} \right]$$

$$h \left[ \frac{L_1 + L_2}{2} + \frac{L_2 + L_3}{2} + \frac{L_3 + L_4}{2} \right] \dots\dots$$

औसत ढाल के परिकलन के लिये डी स्मेट ने निम्न गुण अधिक उपयोगी बताया है।

$$\tan \phi = \left[ \frac{h \times (L_1 + L_2) / 2}{A_1} \right]$$

या  $\text{height} \times \text{mean length of two contours}$   
Inter contour area

(iv) हानसन-लोव का प्रवणतादर्शी वक्र (Clino-graphic curve of Hanson Lowe)—हानसन लोव ने 1935 में किसी भी क्षेत्र की 'औसत परिच्छेदिका' (Average profile) के प्रदर्शन के लिए एक विशिष्ट 'प्रवणतादर्शी वक्र' का निर्माण किया। इन्होंने यह माना कि समोच्च रेखाएँ सन्वेद्रीय वृत्त होती हैं। इस तरह प्रत्येक समोच्च रेखा के ऊपर स्थित क्षेत्र की त्रिज्या का परिकलन निम्न गुर से किया जाता है—

$$[i] \quad r = \frac{\sqrt{\text{समोच्च रेखा के ऊपर का क्षेत्रफल}}}{a}$$

$$[ii] \quad \text{दो समोच्च रेखाओं के बीच की औसत दूरी} \\ = r_l - r_u = Ad$$

Ad = Average distance, r = त्रिज्या, l = निचली समोच्च रेखा, u = ऊपरी समोच्च रेखा।

$$[iii] \quad \text{प्रत्येक दो क्रमिक समोच्च रेखाओं के बीच का ढाल} \\ \tan \phi = \frac{CI \text{ (in feet)}}{Ad \text{ (in feet)}} \quad CI = \text{समोच्च रेखा मध्यांतर} \\ Ad = \text{औसत दूरी}$$

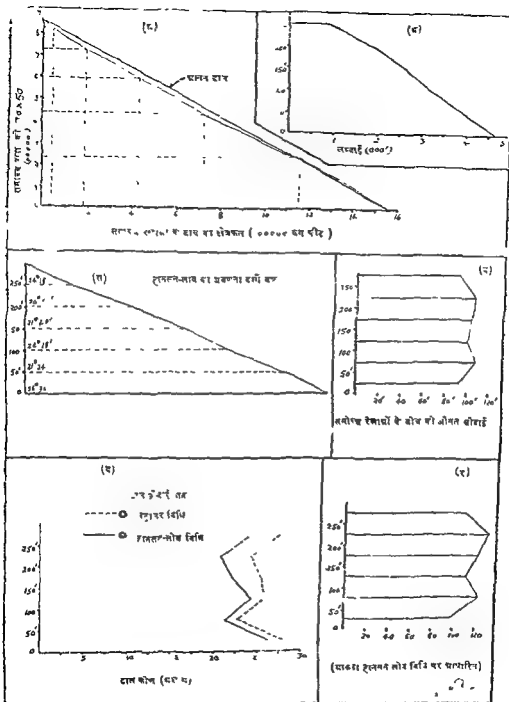
इस तरह से प्राप्त समोच्च रेखाओं के बीच के ढाल के कोण को सम्भवतः रेखा के सहारे अंकित किया जाता है तथा अंकन सबसे ऊपर से प्रारम्भ होता है। जय कोण बहुत कम होते हैं तो उन्हें स्थिरांक (Constant) से गुणा करके बड़ा कर लिया जाता है ताकि वक्र ठीक ढग से बन जाय। इस विधि का दोष यह है कि इसमें समोच्च रेखाओं की लम्बाई को ढाल के कोण के परिकलन में सम्मिलित नहीं किया जाता है। इस कारण समोच्च रेखाओं के बीच की दूरी तो बढ़ जाती है पर उनके बीच का ढाल कोण कम हो जाता है (देखिये मारिणी 10)। अतः जहाँ पर पर्वण की क्रिया अधिक हुई है और वह क्षेत्र अत्यधिक विच्छेदित हो गया है तो उस क्षेत्र के उच्चावच के प्रदर्शन के लिये यह वक्र अनुपयुक्त है। मारिणी 10 में स्ट्रालर तथा हानसन-लोव विधियों का तुलनात्मक विवरण प्राप्य है।

### सारणी—9

समोच्च रेखा (फीट)	लम्बाई फीट	लम्बाई × 50 (फीट)	सबकी लम्बाई (फीट)	समोच्च रेखा	क्षेत्रफल* (वर्ग फीट)	सबकी क्षेत्रफल (वर्ग फीट)
0	4700	2,35,000	2,35,000	250'	40,000	40,000
50	4000	2,00,000	4,35,000	250' — 200'	1,50,000	1,90,000
100	3250	1,62,500	5,97,000	200' — 150'	2,40,000	4,30,000
150	2600	1,30,000	7,27,000	150' — 100'	3,00,000	7,30,000
200	1900	95,000	8,22,000	100' — 55'	4,30,000	11,60,000
250	850	42,500	8,64,000	50' — 0'	4,10,000	15,70,000

\* क्षेत्रफल उच्च समोच्च रेखा में 0 फुट की समोच्च रेखा के क्रम में रखा गया है।

(आकृति—देखें)



चित्र 41

अ—फिन्स्टरवाल्डर का उच्चता-प्रवणतादर्शी वक्र (Hypso-clinographic curve of Finsterwalder),  
 —फिन्स्टरवाल्डर का प्रवणतादर्शी वक्र (Clinographic curve), स—हान्सन लोच का प्रवणतादर्शी वक्र (Hanson  
 owe's clinographic curve), द—डी स्मेट का औसत अन्तर्समोच्च रेखा वक्र (Average intercontour width  
 ume of De Smet), य—डाल-ऊर्चाई वक्र (Slope-height curve) तथा र—औसत अन्तर्समोच्च रेखा चौड़ाई  
 वक्र।  
 स्रोत: आकारमिति—मण्डिर सिंह, 1972

## सारणी—10

समोच्च रेखा	सूचयी क्षेत्रफल वर्ग फीट	त्रिभुजा $\frac{\sqrt{a}}{n}$	दो समोच्च रेखाओं के बीच की औसत दूरी		ढाल-कोण	
			हामन-लोव	स्टालर विधि	हानसन-लोव	स्टालर विधि
250'— 200'	40,000	112.8	112.8	94.11	24°18'	28°
250'—200' 150'	1,90,000	245.8	133.0	109.09	20°54'	24°18'
200'—150' 100'	4,30,000	769.8	124.0	106.66	21°48'	25°12'
150'—100' 50'	7,30,000	481.9	112.1	102.56	24°18'	25°42'
100'—50' 0'	11,60,000	607.5	125.6	118.6	21°24'	22°48'
50'—0'	15,70,000	706.7	99.1	94.25	26°37'	28°

(अंकड़ा लेखक)

(v) स्मेट का 'औसत अन्तर समोच्च रेखा चौड़ाई' वक्र (The curve of average inter-contour widths of De Smet)—स्मेट ने लम्बवत् अक्ष के सहारे ऊँचाई तथा धैतिज अक्ष के सहारे दो क्रमिक समोच्च रेखाओं के मध्य की औसत चौड़ाई को अंकित करके एक वक्र तैयार (1954) किया है। प्रत्येक दो समोच्च रेखाओं के बीच की चौड़ाई को उनके (समोच्च रेखाओं) के मासने अंकित किया जाता है तथा धैतिज अक्ष के समानांतर रेखाएँ खींची जाती हैं। वास्तविक चौड़ाई को सुविधा के लिये दो ऊँचाइयों के मध्य में प्रदर्शित किया जाता है। अन्त में समानान्तर रेखाओं के बाहुरी सिरो को सीधी रेखा में मिलाकर वक्र तैयार किया जाता है। देखिये चित्र 41 द।

(vi) मोसेली (Moseley) का 'ढाल-ऊँचाई वक्र' (The Slope-Height Curve)—दो समोच्च रेखाओं के बीच ढाल के कोण की धैतिज अक्ष के सहारे तथा ऊँचाई को लम्बवत् अक्ष के सहारे अंकित करके 'ढाल-ऊँचाई वक्र' तैयार किया जाता है। इसमें ढाल-कोण को या तो 'हानसन-लोव विधि' या 'स्टालर विधि' में प्राप्त किया जाता है। इस तरह से यह ढाल दो समोच्च रेखाओं के बीच के क्षेत्र के औसत ढाल को प्रदर्शित करता है। यदि वक्र

की रेखाएँ सीधी तथा लम्बवत् अक्ष के समानान्तर होती हैं तो उसमें सम ढाल का आभास मिलता है। जब अवतल तथा उत्तल ढालों में समान ढाल से अन्तर होता है तो पहला सीधी रेखा में दाहिनी ओर तथा दूसरा बायी ओर झुक जाता है। चित्र 41 व से यह तथ्य स्पष्ट हो जाता है। इस वक्र से अपरदन मतह के अध्ययन तथा दो या अधिक क्षेत्रों के तुलनात्मक अध्ययन में पर्याप्त सहमता मिलती है।

## 3 तुंगतामिति (Altimetry)

प्रारम्भिक 'अपरदन-सतह' (Erosion-Surface) के निर्धारण के लिये क्षेत्र विशेष के उच्चस्थ भागों का अध्ययन तुंगतामिति से अन्तर्गत आता है। यह विश्वास किया जाता है कि सबसे ऊँचे क्षेत्र प्रारम्भिक अपरदन की मतहों के अवशेषों को सुरक्षित रखते हैं, और ये तब तक नष्ट नहीं हो सकते जब तक कि ये उच्चस्थ शिखर तल नष्ट नहीं हो जाते। अब 'अपरदन मतह' के निर्धारण के लिये क्षेत्र विशेष के उच्चस्थ भागों का 'मात्रात्मक' अध्ययन किया जाता है। स्पर्धीय है कि तुंगतामिति की विभिन्न तकनीकों से प्राप्त आँकड़ों को आयत चित्र (Histogram) तथा रेखा चित्र (Graph) द्वारा प्रदर्शित किया जाता है। आयत चित्र द्वारा निम्न को प्रदर्शित किया जाता है।

(i) स्थानिक ऊँचाई की वारम्बारता (Frequency of spot-heights)।

(ii) ग्रिड के उच्चतम बिन्दुओं की वारम्बारता (Frequency of highest points of grid square)।

(iii) शिखर-तल की वारम्बारता (Frequency of summit levels)।

(iv) शिखर-तल का क्षेत्रफल (Area of summit levels)।

(v) शिखर शृङ्खला तथा कॉल (Frequency of summits, shoulder and cols)।

(i) स्थानिक ऊँचाई की वारम्बारता—भू-पत्रक (Toposheets) में सभी स्थानिक ऊँचाइयों की सत्या को गिन लिया जाता है। उनका विभिन्न वर्ग-अन्तराल (Class intervals) में मासणीयन (Tabulation) कर लिया जाता है। वर्ग-अन्तराल 5', 10', 20', 50', 100'... हो सकता है। वास्तव में वर्ग अन्तराल भू-पत्रक में अंकित स्थानिक ऊँचाई की सत्या तथा स्वभाव पर आधारित होते हैं। भारतीय भू-पत्रकों पर अंकित स्थानिक ऊँचाई पर अधिक छोटा वर्ग-अन्तराल रखने पर कई वर्ग-अन्तराल स्थित रह जाते हैं, अतः वर्ग-अन्तराल 50', 100', 150', 200',... रखना पड़ता है यद्यपि इससे सूक्ष्मता में कमी आ जाती है। लम्बवत् अक्ष के सहारे ऊँचाई मापक तथा क्षैतिज अक्ष के सहारे स्थानिक ऊँचाई को अंकित करते 'आयत चित्र' तथा रेखा चित्र तैयार किया जाता है। वर्ग-अन्तराल बढ़ाते जाने पर आयत चित्र में अन्तर आने लगता है तथा परिणाम भी बदलते नजर आते हैं। सेक्टर में भू-पत्रक मध्य 64F/15 बिनामपुर जनपद—22°, 15' उत्तर से 22° 30' उत्तर तथा 81°45' पूर्व से 82° पूर्व के आसपास पर स्थानिक ऊँचाई का आयत चित्र (42 अ) तैयार किया है। यद्यपि स्थानिक ऊँचाइयाँ कम सत्या में अंकित हैं परन्तु उनका वितरण समान है। स्थानिक ऊँचाइयों प्रायः शिखरों पर या उनके समीपस्थ क्षेत्रों पर अंकित हैं।\* वर्ग-अन्तराल

50', 100', 150', तथा 200' का रखा गया है। वारम्बारता आयत चित्र से यह विविध तथ्य निकलता है कि आयत का शिखर विभिन्न वर्ग-अन्तराल के वास्तविक बदलता नहीं है। अन्तिम वर्ग-अन्तराल पर दो शिखर अवश्य बन जाते हैं। अधिकांश उच्चस्थ भाग 1700' 2100' के बीच स्थित है। चित्र 42 ब में 'वारम्बारता वक्र' (Frequency Curve) निमित्त किया गया है। इसमें बदलते वर्ग-अन्तराल के साथ ग्राफ के शिखर में मामूली या अन्तर होता है। परन्तु इसमें भी दो शिखर बनते हैं।

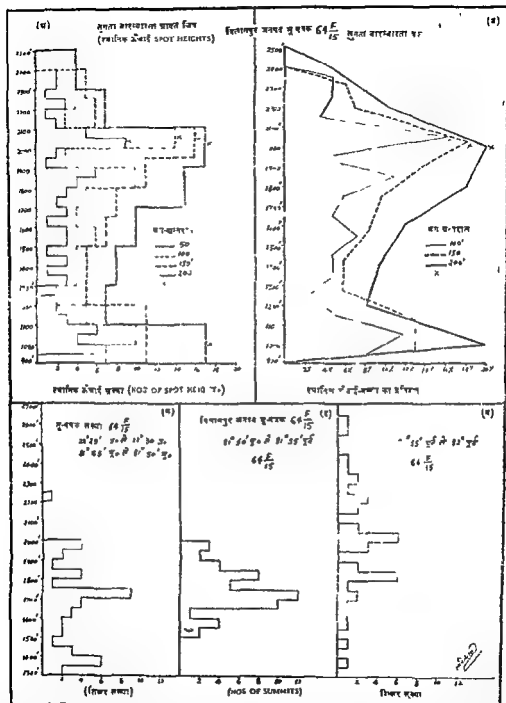
वालिंग महोदय<sup>1</sup> ने इस विधि का प्रयोग मध्यम पत्रक 1926 में किया। परन्तु इस विधि में प्रायोगिक महत्त्व को कड़ी आलोचना की गई है। डी स्मेट (1954)<sup>2</sup> ने बताया है कि यह विधि क्षेत्रफल ऊँचाई आरेख (Area-Height Diagram) का मान सन्तोषजनक परिवर्तित रूप हो है। इसका प्रयोग अपरम्पन-महत्त्व के निष्पत्ति के लिए नहीं किया जाना चाहिए। वास्तव में सभी स्थानिक ऊँचाइयों स्वाभाविक महत्त्व की नहीं हैं। कई भू-पत्रकों पर इनका अक्षय रेखा साधन, सड़क, नहर आदि के सहारे किया जाता है, जो निश्चित रूप से स्थलरूप के विचारों के लिये महत्त्वहीन है। चित्र 42 अ में यह तथ्य स्पष्ट रूप में उभर कर सामने आया है। 42 अ में भू-पत्रक 64 F/15 के 'वारम्बारता आयत चित्र' में 200 के वर्ग अन्तराल पर ग्राफ में दो शिखर बने हैं जिनमें 900-1100 के बीच का शिखर निश्चय ही उन स्थानिक ऊँचाइयों की अक्षयता के कारण बन गया है, जो कि मैदानी भागों में अस्मियों, मड़कों आदि के सहारे अंकित हैं।

(ii) ग्रिडविधि (Grid Method)—वालिंग ने अपने स्थानिक ऊँचाई वारम्बारता आयत चित्र को कमियों को दूर करने के लिये उनमें 1935 और 1939 में सन्तोषजनक किया तथा क्षेत्र (मानचित्र पर) को कई मापक के ग्रिड वर्ग में विभक्त कर दिया तथा प्रत्येक ग्रिड के

\*भू-पत्रक का यह भाग एक पूर्ण धर्म पठार है जिसको नदियों ने काट कर चौड़ी घाटियाँ बना डाली हैं। पदक का दक्षिणी पूर्वी भाग मैदानी है जिस पर स्थान-स्थान पर 900—1100' ऊँची पहाटियाँ फैली हैं।

1 Baulig, H., 1926 Sur une method altimetrique d'analyse morphologique applique a la Bretagne Peninsular, Bull. Assoc. Geog. Francais 10, pp 7-9.

2 Smet, R. de, 1954 'Courbe hypsographique et profil moyen de l' Ardenne, Bull. Soc. Belge d'. Etudes Geog, 23, pp 143-67



- 42—अ (स्थानिक ऊँचाई) तुंगता बारम्भारता आयत चित्र (Altimetric frequency histogram)—बिलासपुर जनपद, भू-पत्रक संख्या 64F/15 पर आधारित । ब—तुंगता बारम्भारता वक्र (स्थानिक ऊँचाई) । स, द; य,—तुंगता बारम्भारता आयत चित्र (शिखर Summits), भू-पत्रक 64F/15

बौकडा तथा चित्राकन सविन्द्र सिंह, 1972.

## सारणी- 11

(स्थानिक ऊँचाई—भू-पत्रक 64 F/15 बिलापुर जनपद)

वर्ग-अन्तराल 50' निक ऊँचाई	संख्या (स्था- निक ऊँचाई)	वर्ग-अन्तराल 100'	संख्या (स्था- निक ऊँचाई)	वर्ग-अन्तराल 150'	संख्या (स्था- निक ऊँचाई)	वर्ग-अन्तराल 200'	संख्या (स्था- निक ऊँचाई)
900—950	—	900—1000	7	900—1050	11	900—1100	17
950—1000	7	1000—1100	10	1050—1200	11	1100—1300	7
1000—1050	4	1100—1200	5	1200—1350	5	1300—1500	8
1050—1100	6	1200—1300	2	1350—1500	5	1500—1700	10
1100—1150	3	1300—1400	4	1500—1650	7	1700—1900	15
1150—1200	2	1400—1500	4	1650—1800	8	1900—2100	17
1200—1250	2	1500—1600	6	1800—1950	11	2100—2300	7
1250—1300	—	1600—1700	4	1950—2100	16	2300—2400	4
1300—1350	3	1700—1800	5	2100—2250	6		
1350—1400	1	1800—1900	10	2250—2400	5		
1400—1450	3	1900—2000	3				
1450—1500	1	2000—2100	14				
1500—1550	3	2100—2200	3				
1550—1600	3	2200—2300	4				
1600—1650	1	2300—2400	4				
1650—1700	3						
1700—1750	2						
1750—1800	3						
1800—1850	4						
1850—1900	6						
1900—1950	1						
1950—2000	2						
2000—2050	9						
2050—2100	5						
2100—2150	2						
2150—2200	1						
2200—2250	3						
2250—2300	1						
2300—2350	2						
2350—2400	2						

(अंकित लेखक)

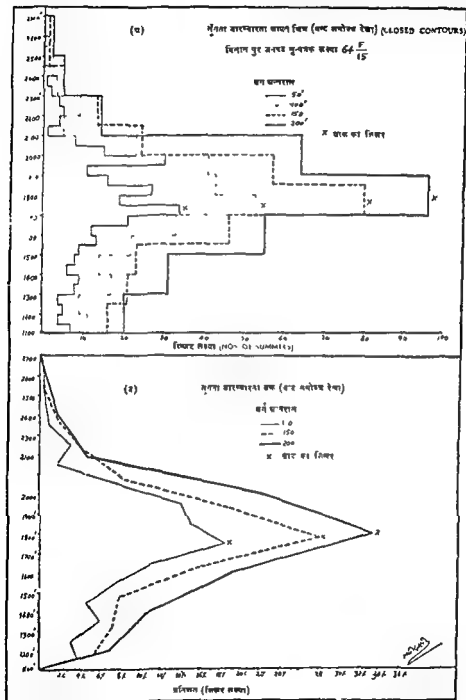
वारम्बारता उच्चिष्ठ (Frequency maxima) में अन्तर हो जाता है। इस विधि में कई दोष हैं। प्रत्येक ग्रिड वर्ग के उच्चतम बिन्दु को लिया जाता है। अतः कभी-कभी उच्चतम बिन्दु के लिये अन्य अपरदमात्मक महत्त्व वाले (अपेक्षाकृत कम ऊँचे) स्थानों का त्यागना पड़ता है। अधिकांश भारतीय भू-पत्रकों पर स्थानिक ऊँचाइयाँ इतनी कम होती हैं कि प्रत्येक ग्रिड में उनका होना सन्दिग्ध होता है। ऐसी स्थिति में उच्चतम बिन्दु का चयन अदाज में करना होता है। इस विधि का प्रयोग केवल उन स्थानों व अध्ययन के लिये किया जा सकता है जहाँ पर एक से अधिक 'सामान्य अपरदन-चक्र' पूरे हो चुके हों। जहाँ पर बड़े पैमाने पर वतन, सबलन, उत्थान तथा विरूपण (Deformation) की क्रियायें घटित हुई हैं वहाँ पर यह विधि उपयुक्त नहीं होती है (बालिग 1948)। कोर्रैरियर तथा मफार (1948) ने बालिग के उपर्युक्त कथन का खण्डन किया है तथा बताया है कि 'सामान्य अपरदन-चक्र' से प्रभावित सतह अवतल ढाल वाली होती है अतः उच्च भाग ढालों के रूप में होते हैं न कि मपाट भाग के रूप में। इन विद्वानों ने उच्चतम बिन्दु के स्थान पर निम्नतम बिन्दुओं की उच्चता की बार-

उच्चतम बिन्दु की बारम्बारता को आयत चित्र द्वारा प्रदर्शित किया। इस विधि के लिये बड़े क्षेत्र का चुनाव करना चाहिए ताकि कम से कम 5000 वर्ग उपलब्ध हो सके, जिनमें आवश्यक सांख्यिकीय आकड़े प्राप्त हो सकें। परन्तु इसका दुष्परिणाम यह हो सकता है कि



त्राय तो उस क्षेत् के उच्चावच के विषय में भ्रामक विवरण मिलने लगते हैं। चित्र 42, अ, ब तथा य में भू-पत्रक 64F/15 के 3 उपक्षेत्रों (प्रत्येक का अक्षांशीय

तथा देशान्तर्रीय विस्तार 5'—5' है) का बारम्बारता आयत चित्र तैयार किया गया है। प्रत्येक क्षेत्र की बारम्बारता-अधिकता प्रायः एक मी है, जिससे स्पष्ट रूप से



चित्र—44 अ—तुंगता बारम्बारता आयत चित्र (Altimetric frequency histogram—बन्द समोच्च रेखाओं पर आधारित) ब—तुंगता बारम्बारता वक्र—भू-पत्रक 64F/15 पर आधारित।



## सारणी - 13

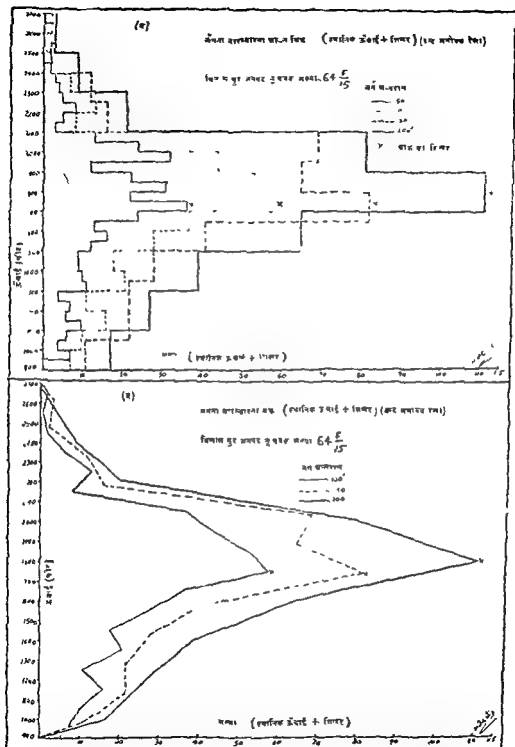
शिखर-मध्या (बन्द समोच्च रेखा) भू-पत्रक 64F/15

वर्ग-अन्तराल 50'	शिखर मध्या	वर्ग-अन्तराल 100'	शिखर मध्या	वर्ग-अन्तराल 150'	शिखर मध्या	वर्ग-अन्तराल 200'	शिखर मध्या
1100—1150	7	1100—1200	11	1100—1250	16	1100—1300	20
1150—1200	4	1200—1300	9	1250—1400	21	1300—1500	31
1200—1250	5	1300—1400	17	1400—1550	23	1500—1700	55
1250—1300	4	1400—1500	14	1550—1700	46	1700—1900	96
1300—1350	8	1500—1600	22	1700—1850	80	1900—2100	64
1350—1400	9	1600—1700	33	1850—2000	57	2100—2300	14
1400—1450	6	1700—1800	53	2000—2150	24	2300—2500	5
1450—1500	8	1800—1900	43	2150—2300	13	2500—2700	2
1500—1550	9	1900—2000	41	2300—2450	1		
1550—1600	13	2000—2100	23	2450—2600	1		
1600—1650	12	2100—2200	5	2600—2750	1		
1650—1700	21	2200—2300	9				
1700—1750	34	2300—2400	3				
1750—1800	19	2400—2500	2				
1800—1850	27	2500—2600	1				
1850—1900	16	2600—2700	1				
1900—1950	11						
1950—2000	30						
2000—2050	15						
2050—2100	8						
2100—2150	1						
2150—2200	4						
2200—2250	5						
2250—2300	4						
2300—2350	2						
2350—2400	1						
2400—2450	2						
2450—2500	0						
2500—2550	0						
2550—2600	1						

प्रमाणित हो जाता है कि डाटा में किसी दशा में अज्ञात गिरावट नहीं होती है और न ही इस क्षेत्र में भ्रमण (Warping) एवं विरूपण हुआ है। परन्तु समस्त भाग एवं पश्चिम प्रांत पठारी भाग का चित्र प्रस्तुत करता है।

(iii) शिखर तल की बारम्बारता (Frequency of summit levels) — ऐसा विश्लेषण किया जाता है कि मगत शिखर (Accordant summits) प्रारम्भिक अपरदन-अवस्था के अवशेष होंगे। जल भू-पत्रकों में शिखरों को परिचित कराने उम क्षेत्र के अपरदन सम्बन्धी विवरण प्राप्त किए जाते हैं। इस विधि में शिखरों का निर्धारण अन्तिम समोच्च रेखाओं (Closed contours) द्वारा किया जाता है। स्मरणिय है कि सभी शिखरों का क्षेत्रफल समान नहीं होता है परन्तु उनके इस विधि में समान मूल्य प्रदान किया जाता है क्योंकि यहाँ पर शिखरों की मध्या में ही संचयन रहता है। परन्तु यह आवश्यक नहीं है कि सभी शिखर प्रारम्भिक अपरदन-अवस्था के अवशेष होंगे। इस विधि का प्रयोग सबसे पहले टामसन (1936)<sup>1</sup> ने हडसन घाटी के अध्ययन के समय किया। तत्पश्चात् होलिंगवर्थ (1938)<sup>2</sup> ने इसका प्रयोग किया। बलार्क<sup>3</sup> ने इस विधि का प्रयोग ज़राव, एन्गेलो तथा मान द्वीपों के आकारमतीय अध्ययन के समय किया। वेजक ने भू-पत्रक 64 F/15

- 1 Thompson. H. D, 1936 'Hudson Gorge in the Highlands, Bull Geol Soc Amer., 47 pp. 1831-48.
- 2 Hollingworth, S. E. 1938 : 'The recognition and correlation of high level erosion surfaces in Britain : a statistical study Quar. Journ. Geol Soc Lond., 94, pp55-84.
- 3 Clark, J. I, 1966 'Morphometry from maps, in Essays in Geomorphology, ed. G. H. Dury Heinemann, London



चित्र-45 अ—तुम्हा वायुमंडलगत तापन चित्र (स्थानिक ऊँचाई नशा शिखर पर आधारित), ब—तुम्हा वायुमंडलगत ताप—न चित्र  $64 \frac{F}{15}$  पर आधारित। औरता नशा चित्राकन—मविन्द्रमिह, 1972

(विनासपुर) के शिखरों को चित्र 45 अ में 'बारम्बारता आयत चित्र' में प्रदर्शित किया है। यदि उस आयत चित्र को 42 अ तथा 43 अ (इनमें क्रमशः सभी स्थानिक उच्चाइयों तथा प्रिड के उच्चतम बिन्दुओं को दर्शाया गया है) में तुलना की जाय तो यह आयत चित्र अधिक विश्वसनीय लगता है क्योंकि बारम्बारता अधिकतम (Frequency maxima) एक ही बनता है। निम्न ऊँचाई अर्थात् मैदानी भाग का प्रतिनिधित्व नहीं हो पाता है।

यदि स्थानिक ऊँचाई, प्रिड के उच्चतम बिन्दु तथा शिखरों की सहाय के आँकड़ों को मिलाकर बारम्बारता आयत चित्र तैयार किया जाय तो परिणाम कुछ और सही हो सकता है। चित्र 45 अ में सभी स्थानिक उच्चाई तथा शिखर (नन्द समोच्च रेखा) को मिलाकर बारम्बारता आयत चित्र (64 F/15) तैयार किया गया है। इसमें भी बारम्बारता अधिकतम एक ही बनता है। लेखक द्वारा तैयार किए गए सभी प्रकार के बारम्बारता आयत चित्रों तथा रेखा चित्रों में वर्ग-अन्तराल (Class interval) के बदलने पर ग्राफ के शिखर में अन्तर नगण्य है। यदि शिखर के क्षेत्रफल को भी परिवर्तित किया जाय तो क्षेत्रविशेष की घर्षण की मात्रा (Degree of dissection) के विषय में विश्वसनीय जानकारी प्राप्त की जा सकती है।

(iv) दृश्य, शिखर तथा कॉल की बारम्बारता (Frequency of shoulders, summits and cols) — 1961 में गेल मस्रोदय न जाकारनिनीय विश्लेषण न दृश्य, शिखर तथा कॉल (दर्श) की बारम्बारता का प्रयोग किया। इस विधि में शिखर के क्षेत्रफल तथा दृश्य एवं कॉल की संशर्द्धि ज्ञान की जाती है। क्षेत्रफल तथा लम्बाई के आकड़े प्राप्त करने पर बाद नुसारक न मापक के आधार पर मापक का चयन करके इन दोनों के लिए अंक प्रदान किए जाते हैं। गेल के अनुसार 1 50,000 तथा 1 63 360 के मापक पर बने मान-चित्र पर अंकित 25 वर्ग मीटर की सीढ़र जाने शिखर का एक अंक तथा उमर्द बाद जाने प्रत्येक 25 वर्ग मि० मि० या उमर्द भाग को एक अंकित अंक प्रदान किया जाता है। उमी तरह प्रत्येक 5 मि० मी० लम्बे दृश्य या कॉल के लिये एक अंक प्रदान किया जाता है। इस तरह में प्राप्त आँकड़ों का माथनीयन करके मिश्रित बारम्बारता आयत चित्र तैयार किया जाता है। निम्न ही यह विधि कठिन तथा थकवारी है। गेल तथा मकार

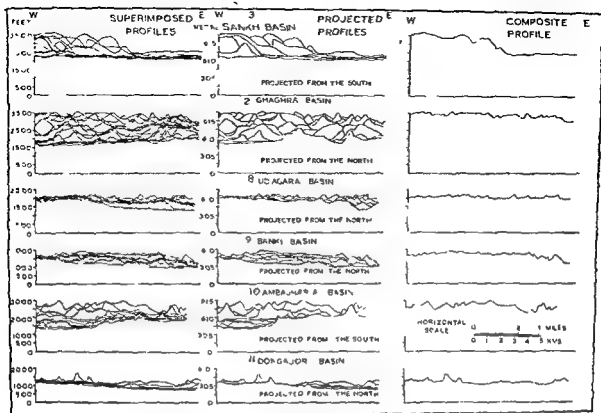
ने स्वयं यह स्वीकार किया है कि उस विधि का प्रयोग माध्याग्न धर्मित क्षेत्र के लिए किया जा सकता है।

#### 4 परिच्छेदिका (Profiles)

किसी धरातलीय सतह के एक निश्चित तल के सहारे उच्चावच की रूपरेखा को परिच्छेदिका कहा जाता है। प्रायः परिच्छेदिका तथा काट (Section) का प्रयोग समानार्थी रूप में किया जाता है, परन्तु काट का प्रयोग भू-वैज्ञानिक संरचना के लिए किया जाना चाहिए। नदी की परिच्छेदिका दो तरह की होती है। जब नदी के मुहाने में उद्गम तक अनुदैर्घ्य घाटी की रूपरेखा को लिया जाता है तो वह अनुदैर्घ्य परिच्छेदिका (Longitudinal profile) होती है, और जब अनुदैर्घ्य घाटी के किसी एक बिन्दु पर समकोण पर घाटी के आर-पार को रूपरेखा को लिया जाता है तो यह अनुप्रस्थ परिच्छेदिका (Transverse profile) होती है। इसी तरह किसी क्षेत्र के समान उच्चावच की भी परिच्छेदिकाएँ हो सकती हैं। भू-आकारिकी में परिच्छेदिका का अत्यन्त महत्त्व होता है क्योंकि इसमें क्षेत्र विशेष के उच्चावच की प्राकृतिक तथा विभिन्न ढाल वाली सतहों का स्पष्ट बोध हो जाता है। कई प्रकार की द्रमिक परिच्छेदिकाओं द्वारा स्थान विशेष के उच्चावच तथा स्थलरूप का विस्तृत विवरण प्राप्त किया जा सकता है।

(i) सपरिचित परिच्छेदिका (Superimposed profile) — पहले मानचित्र पर क्षेत्र का चयन किया जाता है। तत्पश्चात् समान दूरी पर उस पर समानान्तर रेखाएँ खींची जाती हैं। प्रत्येक रेखा के सहारे वागज रेखाएँ प्रत्येक समोच्च रेखा के कटान बिन्दुओं तथा स्थानीय उच्चाइयों को अंकित कर लिया जाता है। पुनः उनको ग्राफ वागज पर धर्मित तथा लम्बवत् मापक के सहारे बिन्दुओं द्वारा अंकित कर दिया जाता है। एक रेखा के सहारे अंकित सभी बिन्दुओं को निष्कोण रेखा (Smooth line) के मिलाकर एक परिच्छेदिका तैयार कर ली जाती है। इसी तरह प्रत्येक रेखा के सहारे अंकित बिन्दुओं को मिलाकर परिच्छेदिकाएँ खींची जाती हैं।

अध्यागोमित परिच्छेदिका का प्रयोग केवल उस समय वाछनीय होता है, जबकि क्षेत्र विशेष के स्थलरूपों में आकृतिक उमता (Morphological Unity) हो उद्घाटन के लिए अपरदन-सतह, घाटीस्तर आदि, अन्यथा सभी परिच्छेदिकाएँ मिलकर परिणाम को और अधिक

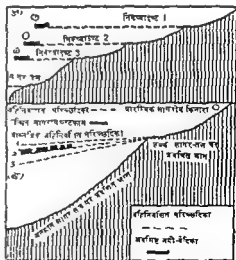


चित्र 46—अध्यारोपित, प्रक्षेपित तथा मयुक्त गरिन्तेडिकापे (राची पठार की तटु प्रवाह बेसिन) मन्दिर् सिंह

जदिल बना देती है। देखिएर बिब 46 का प्रथम कालम।

(ii) **संयुक्त परिच्छेदिका (Composite profiles) —** किसी भी क्षेत्र के उल्कावक्त्र के प्रदर्शन के लिये संयुक्त परिच्छेदिका का प्रयोग किया जाता है जिसमें बल्ल उल्कावक्त्र ग्रिडर ही प्रदर्शित किए जाते हैं जैसा कि उस क्षेत्र के उल्कावक्त्र से अनिवार्य रूप से सम्मानानुगत तब के महारें देखने में प्रकट होता है। पृष्ठ क्रमिक अध्या रोपित परिच्छेदिकाएँ पैन्मिरा की महावक्त्र से खोजी जाती हैं। मध्यस्थान उल्कावक्त्र भागों को मिलान वाली रेखाओं के अलावा अन्य रेखाओं का मिटाकर संयुक्त परिच्छेदिका निमित्त बनायी जाती है। दक्षिण चित्र 46 का अन्तिम वाला भाग।

(iii) प्रक्षेपित परिच्छेदिका (projected profiles) — इस परिच्छेदिका में क्षेत्र विशेष के उच्चावच की वास्तविक झलक (सर्वदिग्ग्य panoramic) मिलती है क्योंकि इसमें सभी ऊँचाइयों के शिखर-तल (Summit levels) को प्रदर्शित किया जाता है। सबसे पहले क्षेत्र विशेष की



चित्र 47—अ-उत्थित सागरतीय प्लेटफार्म के आधार पर परिकल्पित का वहनिवेशन (Extrapolation) तथा ब—अवशिष्ट नदी बेधिका के आधार पर परिकल्पित का वहनिवेशन। आर० जे० स्माल के अनुसार।

अध्मारेणित परिच्छेदिकाये चीनी जाती है। तत्पश्चात् अगनी परिच्छेदिका (ऊँचाई के आधार पर—बढ़ती ऊँचाई) के बेबल उम भाग को ही मुगित रखा जाता है जो पिछली परिच्छेदिका से ऊँचे होते हैं। निम्न भाग का मिटा दिया जाता है। इस तरह क्षेत्र विंगेप की प्रक्षेपित परिच्छेदिका का निर्माण कर लिया जाता है। देखिये चित्र 46 का बीच का कामल।

(iv) पुनर्रचित परिच्छेदिका (Reconstructed profile)—किमी क्षेत्र में अपरदन चक्र में उत्थान तथा ज्वलतन के कारण व्यवधान उपस्थित होता रहता है। उत्थान के कारण सरिताओं में नवीनमेप (Rejuvenation) हो जाता है जिस कारण प्रारम्भिक प्रवणित परिच्छेदिका (Former Graded Profile) विक्षुब्ध हो जाती है तथा उसमें ढाल भंग (Break in slope) हो जाता है जिसे निक् प्वाइण्ट (Knick Point) कहते हैं। इस तरह प्रारम्भिक परिच्छेदिका में प्रायः दो खण्ड (और भी अधिक खण्ड Segments हो सकते हैं) हो जाते हैं। ऊपरी खण्ड प्रारम्भिक प्रवणित परिच्छेदिका का अण होता है और निचला भाग नवीन परिच्छेदिका का अण होता है। ऐसी स्थिति में प्रारम्भिक परिच्छेदिका की पुनर्रचना की सम्म्या उठती है। इसकी पुनर्रचना में निचे वर्ड गणितीय पुर बनाय गये हैं (ग्रोन 1934)। दृष्टिये पृष्ठ 27। परिच्छेदिका की पुनर्रचना में उचित मागरीय भेदिकाये (Raised marine terraces), सरिताओं की अवशिष्ट भेदिकाये (Remnants River terraces) निक् प्वाइण्ट आदि महत्वपूर्ण यागदान देने हैं। इस तरह की पुनर्रचित परिच्छेदिकाओं से भनाच्छादन कालानुक्रम (Denudation Chronology) के अध्ययन में पर्याप्त सहायता मिलती है। चित

47 में परिच्छेदिका की पुनर्रचना की दो विधियाँ स्पष्ट की गयी हैं।

(ii) जलीय आकारमिति (Fluvial Morphometry)

प्रवाह बेसिन : एक स्वाकृतिक इकाई  
(Drainage Basin : A Geomorphic Unit)

सामान्य परिचय

जलीय अपरदनान्मक स्थलरूपों के ज्यामितीय मापन एवं विश्लेषण को जलीय आकारमिति में सम्मिलित किया जाता है। इसमें अन्तर्गत प्रवाह-बेसिन (Drainage Basin) के आकारमितीय पहलुओं का अध्ययन किया जाता है। वर्तमान भू-आकारिकी में जलीय अपरदनान्मक स्थलरूपों के ज्यामितीय (Geometrical) वर्णन का सर्वाधिक प्रचलन हो चुका है। इसके लिये एक क्षेत्रीय इकाई का चयन करना होता है, जिसके अन्तर्गत प्राप्य स्थलरूपों के आकार सम्बन्धी धाकड़े प्राप्त किये जा सकें, उनका संगठन करके विश्लेषण किया जा सके (जीर्मे 1969)।<sup>1</sup> इस उद्देश्य के लिये केनमन (1914)<sup>2</sup> ने भौतिक प्रदेश (Physiographic Regions) का चयन किया। आये चल कर कुछ विद्वानों ने इस क्षेत्रीय इकाई के चयन का आधार "भौतिक अणु" (Physiographic Atoms) को बनाया (ऊत्तरिज 1932, सैंवि-जोयर 1969)।<sup>3</sup> स्लेफेयर तथा डेविस ने प्रवाह-बेसिन को क्षेत्रीय इकाई के रूप में स्वीकार किया।<sup>4</sup> डेविस के अनुसार "सामान्य रूप में नदियाँ किमी पत्ती की गिराये जाती हैं, व्यापक रूप में पूर्ण पत्ती होती हैं" (डेविस 1899)। हादेन<sup>5</sup> ने प्रवाह-बेसिन को एक पूर्ण स्वाकृतिक इकाई का रूप प्रदान किया (1945) और स्ट्रालर (1964)<sup>6</sup> तथा शोले ने उसका सम्बर्द्धन किया।

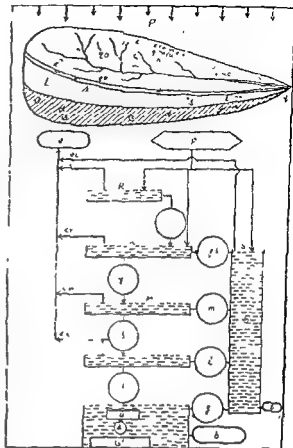
1. Chorley, R. J. [ed.] 1969 'Introduction to Physical Hydrology'. Methuen & Co. pp 37—38.
2. Fenneman N. M. 1914 'Physiographic boundaries within United States', Annals of the Assoc Amer Geogr 4 pp 84—134
3. [a]—Wooldridge, S. W., 1932 'The cycle of erosion and the representation of Scottish Geographical Magazine 48, pp 30—36  
[b] Savigear, R. A. G., 1965 'A technique for morphological mapping', Annals of Assoc Amer. Geogr., 55, pp 514—38
4. Horton, R. E., 1945 'Erosional development of streams and their drainage basins, Hydrological approach to quantitative morphology', Bull Geol. Soc. Amer., 56. pp 257—370.
5. Strahler, A. N., 1964 'Quantitative Geomorphology of drainage basins and channel networks'. In Chow, V. T. Editor, Handbook of Applied Hydrology [McGraw Hill, New York], Section 4—11

## प्रवाह-बेसिन

प्रवाह-बेसिन उन स्थलीय क्षेत्र को कहते हैं जो किसी खास सरिता या किसी मुख्य सरिता एवं उसकी सहायक सरिताओं को जल प्रदान करता है। इस तरह सामान्य रूप में मुख्य एवं सहायक दो प्रकार की प्रवाह-बेसिन हो सकती हैं। वास्तव में प्रवाह-बेसिन वर्षों का स्वन-स्थल होती है जो कि विभिन्न मापों में अपने क्षेत्र की विभिन्न सरिताओं को जल पहुँचाती है (हाटन)। प्रवाह-बेसिन की सीमा का निर्धारण जल विभाजक द्वारा किया जाता है (चित्र 3, अध्याय 2)। प्रवाह-बेसिन की बाहरी सीमा को प्रवाह बेसिन-परिमिति (Perimeter of Drainage Basin) कहते हैं। इस तरह प्रवाह-बेसिन घातल के लघु क्षेत्रों को प्रदर्शित करती है जिसके अन्तर्गत आधारभूत जलवायु परिमाणों का मापन तथा स्थलरूपों का वर्णन एवं व्याख्या की जाती है। किसी भी प्रवाह-बेसिन में प्राप्त होने वाली वर्षा की मात्रा, सरिताओं में होकर बहने वाले जल की मात्रा, भूमिगत जलभण्डार में परिवर्तन आदि का ध्येयवार मापन (Measurement) किया जाता है, साथ ही साथ वाष्पीकरण एवं वनस्पतियों द्वारा वाष्पोत्सर्जन (Transpiration) का भी अनुमान लगाया जाता है। प्रवाह-बेसिन में अध्ययन के मुख्य तीन पहलू होते हैं—(i) रेखीय पहलू (Linear Aspect)—इसके अन्तर्गत सरिताओं की स्थीय विणेषताओं (मट्टा, लम्बाई तथा श्रेणी-क्रम) का अध्ययन किया जाता है (ii) क्षेत्रीय पहलू (Areal Aspect)—बेसिन परिमिति बेसिन-क्षेत्र, बेसिन प्रकार प्रवाह-बेसिन के क्षतफल प्रवाह-घनत्व तथा प्रवाह-गठन (Drainage Texture) का अध्ययन क्षेत्रीय पहलू में अन्तर्गत किया जाता है तथा (iii) उच्च-वचन पहलू (Relief Aspect)—इसके अन्तर्गत प्रवणता-दर्शी, उच्चतादर्शी तथा उच्चतामितीय विक्षेपण प्रवाह-बेसिन की ढाल-प्रवणता सरिता के जलमार्ग की ढाल प्रवणता (Channel Gradient) घाटी-पार्श्व की ढाल-प्रवणता (Valley side slope Gradient), सामान्य ढाल मापन उच्चवचन चर्चण सूची, उच्चवचन अनुपात विभिन्न प्रकार की पच्छिदिकाओं आदि का अध्ययन किया जाता है।

## प्रवाह-जाल (Drainage Network)

प्रवाह-बेसिन की मुख्य सरिता तथा उसकी सभी सहायक सरिताओं के सामूहिक रूप को प्रवाह-जाल कहा जाता है। इसके अन्तर्गत रयायी, अस्थायी, सभी प्रकार



चित्र 48 बेसिन जलमार्ग चक्र (Basin Hydrological cycle) के विभिन्न अव-आरंभों में से अनुसार।

चित्र 48 का पाठ—P—वर्षा, E—वाष्पोत्सर्जन वाष्पोत्सर्जन (Evapotranspiration), R—अन्तर्ग्रहण भण्डार (Interception storage), d—तत्काल प्रवाह तथा रिताव (Stream flow and drip), R—धारावाहक भण्डार, q—स्थल के ऊपर में प्रवाह (Overland flow), f—अन्तःस्तरण (Infiltration), M—मृदा आर्द्रता भण्डार (Soil moisture storage), m—सीधा प्रवाह (Through flow), s—निम्नस्तरण (Seepage), L—वातनमण्डल भण्डार (Aeration zone storage), d—भूमिगत जल पुनः पूरण (Ground water recharge), G—भूमिगत जलभण्डार, d'—गहराई में निम्नस्तरण, G'—गहरा भण्डार, g—आधार प्रवाह (Base flow), b—गहराई में वाह्य प्रवाह (Deep over flow), q—बेसिन जलमार्ग वार्ता जल (Basin channel Run off)।

की मरिताओं को सम्मिलित किया जाता है। छोटी-छोटी अल्पकालिक मरिदाएँ (Rills) भी सम्मिलित की जाती हैं। इतना ही नहीं अंगुल्याकार (Finger-tip) समतलों को भी सम्मिलित किया जाता है। स्पर्णीय हैं हि प्रवाह-आव की मरिताओं का चयन मानचित्र के मापक तथा उपयोग के उद्देश्य पर आधारित होता है।

**प्रवाह बेसिन जलीय चक्र (Drainage Basin Hydrological Cycle)**

प्रवाह-बेसिन में वर्षा से प्राप्त जल का समावेश विभिन्न विधियों में होता है, और अन्ततः जल की वापसी भी हो जाती है जो वाष्पीकरण-वाष्पोत्सर्जन (Evapotranspiration) तथा स्थल एवं सागर या सागर तली में वापसी के रूप में होता है। इसे बेसिन जलीय चक्र कहा जाता है। इस चक्र के समय जल-संतुलन (Water Balance) तथा जल-समाधान का आकलन किया जाता है। इस आकलन (Estimation) में बाढ़ तथा सूखे का आभास हो जाता है और इसमें सूखे के निम्ने मानव 'जलीय चक्र' में हस्तक्षेप करते जल-समाधान को नियमित करने का प्रयास करता है। निश्चय ही भू-आकारिकी का यह व्यावहारिक भाग (Applied part) मानव समुदाय के निम्ने हितकर है। बेसिन के 'जलीय चक्र' में जल के निवेश (Input), भण्डार (Storage), स्थानान्तरण (Transfer) निर्गम (Output) आदि का अलग-अलग एवं उनके आपसी अन्तर्सम्बन्धों का अध्ययन किया जाता है। इस तरह बेसिन 'जलीय चक्र' के अन्तर्गत वर्षा से प्राप्त जल (Input) का वितरण होता है। यह वितरण कई भण्डार क्षेत्रों में होता है। जल का एक भण्डार से दूसरे भण्डार में स्थानान्तरण होता है। इन भण्डारों से जल का निर्गम (Output) बाहरी जल (Run off), वाष्पीकरण-वाष्पोत्सर्जन (Evapotranspiration) तथा भूमिगत जल के बाह्य प्रवाह (Out flow) के रूप में सम्पन्न होता है। भूमिगत जल का निर्गम इतना जटिल होता है कि उसका सही पता लगाना कठिन होता है। अब इसे बेसिन जलीय चक्र' में कम महत्व प्रदान किया जाता है। आर० जे० मोर (1969)<sup>1</sup> ने 'बेसिन जलीय चक्र' के मुख्य कार्यान्वयन (Operation) को निम्न समीकरण के रूप में प्रस्तुत किया है—

Precipitation (वर्षा) = Basin channel run off (बेसिन जलमार्ग बाहरी जल) + Evapotranspira-

tion (वाष्पीकरण-वाष्पोत्सर्जन) + Changes in storages (भण्डार में परिवर्तन)।

$p = q + e + \Delta (I, R, M, L, G, S)$

$q$  = जलमार्ग का बाहरी जल (Channel run off)

$e$  = वाष्पीकरण-वाष्पोत्सर्जन (Evapotranspiration)

$I$  = अन्तर्ग्रहण भण्डार (Interception storage)

$R$  = धरातलीय भण्डार (Surface storage)

$M$  = मृदा-आर्द्रता भण्डार (Soil moisture storage)

$L$  = वातन-भण्डार (Aeration Storage)

$G$  = भूमिगत जल-भण्डार (Ground water storage)

$S$  = जलमार्ग भण्डार (Channel storage)

$p$  = अंकित वर्षा

चित्र 49 में प्रयुक्त अन्य संकेत —

$i$  = रिसाव (Drip)

$q_o$  = स्थल के ऊपर से प्रवाह (Overland flow)

$s$  = निष्पन्दन (Seepage)

$d$  = भूमिगत जल पुनः पूरण (Ground water recharge)

$d'$  = गहरा निष्पन्दन (Deep percolation)

$G'$  = गहरा भण्डार (Deep storage)

$m$  = सीधा प्रवाह (Through flow)

$f$  = अन्तः संचारण (Infiltration)

$q_p$  = बेसिन जलमार्ग बाहरी जल (प्राक्कलित)

$q_s$  = बेसिन जलमार्ग बाहरी जल

$g$  = आधार प्रवाह (Base flow)

$b$  = गहराई में बाह्य प्रवाह (Deep outflow)

$l$  = आन्तरिक प्रवाह (Interflow)

$L$  = अन्तः संचरण

1. अपवाह क्षेत्र वितरण उप-प्रणाली

2. वनस्पति उप-प्रणाली

3. धरातलीय उप-प्रणाली

4. मिट्टी उप-प्रणाली

5. वातन भण्डार उप-प्रणाली

6. भूमिगत जल उप-प्रणाली

7. जलमार्ग उप-प्रणाली

8. उप-प्रणाली में परिमार्जन

9. तुलना

10. समायोजित मॉडल

बेसिन जलीय चक्र का कार्यान्वयन (आर० जे० मोर के अनुसार)<sup>2</sup>—वर्षा का जल धरातल पर वनस्पतियों,

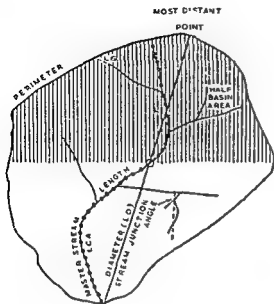
1. More, R. J. 1969 - 'The Basin Hydrological Cycle', in Introduction to Physical Hydrology, edited by Chorlely, R. J. Methuen & Co Ltd pp. 26—30.
2. प्रस्तुत विवरण मोर के शोध लेख का अनुवादित रूप है।

नमन शैल, मलवा, मिट्टी की सतह, जलाशय तथा नदियों में पड़ता है। वनस्पतियों की पत्तियों तथा तनों पर रसा जल रिक्त (i) अन्तर्ग्रहण भण्डार (I) के रूप में एकत्र होता है। इनमें कुछ भागों का वाष्पीकरण (ei) हो जाता है। वनस्पतियों से मिला जल भूतल पर प्रत्यक्ष रूप से मिला जल तथा भूतल पर स्थित जल मिलकर धारा-तलीय भण्डार (R) के रूप में एकत्रित होते हैं। इसका या तो प्रत्यक्ष वाष्पीकरण (er) हो जाता है या समीपी सरिता में स्थल प्रवाह (go) के रूप में समावेश हो जाता है या मिट्टियों में प्रवेश (अन्य गचरण f) हो जाता है। मिट्टियों में रुका जल मिट्टी आर्द्रता भण्डार (M) का रूप में लेता है। मिट्टी-आर्द्रता भण्डार के जल का या तो वनस्पतियों में वाष्पोत्सर्जन (em) हो जाता है या सीधे मिट्टी-मण्डल में होकर सीधे प्रवाह (m) के रूप में जल मार्ग स्रष्ट (S) में प्रवेश हो जाता है, या लम्बवत रूप में नीचे रिक्त क (s) वातन मण्डल भण्डार (L) के रूप में एकत्रीकरण हो जाता है। वातन-मण्डल का जल आन्तरिक प्रवाह (I) के रूप में जलमार्ग भण्डार (S) में पहुँचता है या रिसकर नीचे जाकर भूमिगत जल पुन पूरण (d) का रूप लेता है। अन्धधिका भुज्ज समय में वातन मण्डल के भण्डार का वाष्पीकरण-वाष्पोत्सर्जन (ei) हो जाता है। भूमिगत जल पुन पूरण का जल रिसकर नीचे जाकर भूमिगत भण्डार (G) का रूप लेता है। इससे कुछ जग आधार प्रवाह (g) के रूप में सरिता में चला जाता है या रिसकर (d") अत्यधिक गहराई में गहरे भण्डार (G") का रूप लेता है। इसका कुछ भाग भन्दर ही भन्दर प्रवाहित हो जाता है (b) और यह जल या तो बर्फों के प्राप्ति हाव से बहुत दूर जाकर सागरतली में मिल जाता है या समीपी बेसिन भूमिगत जल भण्डार की वृद्धि करता है (देखिये चित्र 48)। चित्र 49 में प्रवाह बेसिन के विभिन्न भागों का प्रवाह आगेय प्रस्तुत किया गया है।



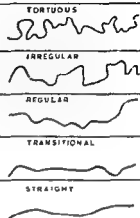
A

## MEASUREMENT OF BASIN LENGTH



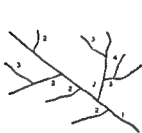
B

## CHANNEL SINUOSITY



C

## METHODS OF STREAM &amp; SEGMENT ORDERING



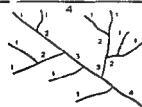
H. GRAVELIUS



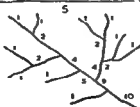
WOLDENBERG



R. E. HORTON



A. N. STRAHLER



R. L. SHREVE



A. E. SCHEIDEGGER

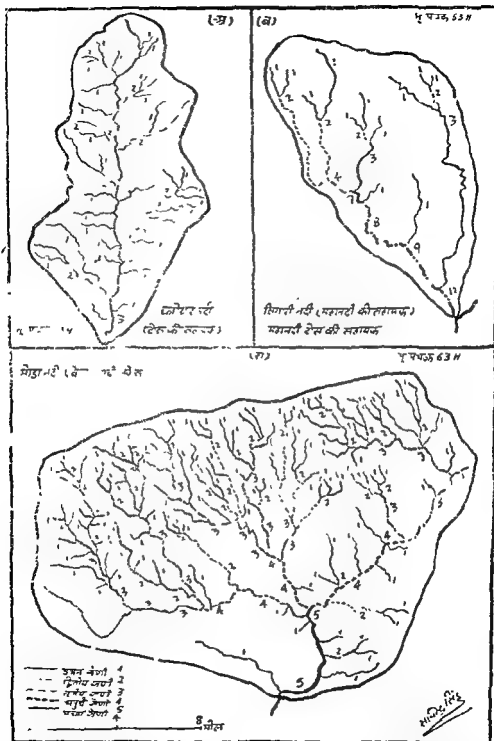
of the position of a stream in the hierarchy of tributaries.<sup>2</sup>

सरिता का श्रेणीकरण (Stream Ordering)—  
किसी भी प्रवाह-क्षेत्र के आकारमितीय अध्ययन के लिये सबसे पहले उसके जाल (Network) को विभिन्न श्रेणियों में विभक्त किया जाता है। सरिताओं के श्रेणीकरण के लिए कई विधियाँ (श्रेवेनियम, 1914, हार्टन, 1945, स्ट्रालर, 1952 तथा 1964 थोव, 1966, उल्डेन वर्ग, 1966, ग्रेगरी एव वालिंग, 1973, ग्रैफ 1975, जेम्स तथा क्रुन्वीन, 1969, याक 1971, जर-विम, 1976 तथा 1977 स्मार्ट 1972 1976 तथा 1978, स्मार्ट तथा वालिस, 1971 आदि) प्रस्तावित की गई हैं, (चित्र 50) परन्तु उनमें से हार्टन, थोव तथा स्ट्रालर की विधियाँ अधिक उपयोगी तथा प्रचलित हैं।

(1) हार्टन विधि (Horton's Method)<sup>3</sup>—किसी भी सरिता की प्रवाह-क्षेत्र के सरिता-जाल में जो सरिताएँ बिना सहायक की होती हैं अर्थात् जो स्वयं किसी सरिता की तो सहायक होती हैं परन्तु उनकी कोई सहायक सरिता नहीं होती है, वे प्रथम श्रेणी (First Order) की सरिता कही जाती हैं। जब दो प्रथम श्रेणी की सरिताएँ मिलती हैं तो उनके मध्य में नीचे की ओर द्वितीय श्रेणी (Second Order) का निर्माण होता है। इन दो प्रथम श्रेणी की सरिताओं में जो सबसे लम्बी होती है वह द्वितीय श्रेणी की सरिता के उद्गम को प्रदर्शित करती है। जब द्वितीय श्रेणी की दो सरिताएँ आपस में मिलती हैं तो तृतीय श्रेणी (Third Order) का आविर्भाव होता है। द्वितीय श्रेणी की सरिताओं में सबसे लम्बी सरिता तृतीय श्रेणी की सरिता को प्रदर्शित करती है। स्मरणीय है कि तृतीय श्रेणी में प्रथम और द्वितीय दोनों श्रेणियों की सरिताएँ हो सकती हैं। इस तरह 'नियम' हृद में कहा जा सकता है—“जब दो समान श्रेणी की सरिताएँ आपस में मिलती हैं तो अगली उच्च श्रेणी (Next higher order) का निर्माण होता है।” इस विधि में सरिता श्रेणी का अंकन कठिन होता है तथा कई बार त्रुटियाँ करनी होती हैं। उदाहरण

के लिये जब प्रथम श्रेणी की सभी सरिताओं का अंकन (Numbering) हो जाता है और जब दो प्रथम नम्बर प्राप्त नदियाँ आपस में मिलकर द्वितीय श्रेणी का निर्माण करती हैं तो उनमें से सबसे लम्बी (जिसकी पहले 1 नम्बर मिला था) सरिता को 2 नम्बर दिया जाता है। (देखिये चित्र 51 अ) (ii) स्ट्रालर की सरिता खण्ड विधि (Strahler's stream-segment method)<sup>4</sup>—हार्टन की दुर्गति को दूर करने के लिये स्ट्रालर ने (1964) सरिता को कई खण्डों (Segments) में विभक्त कर दिया। सभी बिना सहायक वाली सरिताएँ प्रथम श्रेणी के सरिता खण्ड होती हैं। सभी को 1 संख्या प्रदान की जाती है। जब प्रथम श्रेणी के दो सरिता खण्ड आपस में मिलते हैं तो वे उस के नीचे (Down stream) द्वितीय श्रेणी का आविर्भाव होता है। उस 2 संख्या प्रदान की जाती है। जहाँ पर द्वितीय श्रेणी के दो सरिता खण्ड मिलते हैं तृतीय श्रेणी का निर्माण होता है। इस प्रकार स्ट्रालर विधि में प्रत्येक श्रेणी (प्रथम श्रेणी को छोड़कर) की सरिता की सामान्य लम्बाई तथा उद्गमस्थल अंकित करने का प्रयास नहीं किया जाता है। स्मरणीय है कि इस विधि से सरिताओं की वास्तविक लम्बाई का प्रत्यक्ष ज्ञान नहीं हो पाता है, परन्तु सरिता-खण्डों की लम्बाइयों को जोड़कर वास्तविक लम्बाई ज्ञान को जा सकती है। यह विधि अधिक सरल है। देखिये चित्र 50 तथा 51 (iii) थोव विधि (Shreve's Stream link magnitude method)<sup>4</sup>—स्ट्रालर-विधि का एक दोष यह है कि जब तक किसी श्रेणी में उसने बराबर श्रेणी के सरिता-खण्ड नहीं मिलते तब तक उनकी श्रेणी नहीं बढ़ती है। अर्थात् उच्चतम श्रेणी वाली प्रमुख सरिता में मिलने वाली निम्न श्रेणी (Lower Order) की सरिता प्रमुख सरिता श्रेणी को नदी बड़ा पाती है। इस कमी को दूर करने के लिए थोव (1966) ने सरिता-जाल को कई कडी में विभक्त करने का सुझाव दिया है। श्रेणी (Order) के स्थान पर थोव ने परिमाण (Magnitude) शब्द का प्रयोग किया है। जहाँ पर प्रथम परिमाण वाली दो कडियाँ (Links) मिलती हैं,

1. Leopold, L. B. Wolman, M. G. Miller, J. P., 1969 Fluvial Processes in Geomorphology. Eurasia Publishing House, Pvt. Ltd. Ram Nagar New Delhi- 55, p 134.
2. Horton, R. E., 1945 वही।
3. Strahler, A. N. 1964 : वही।
4. Shreve, R. L., 1966 : "Statistical Law of Stream Numbers" Journ. of Geology, 74, pp. 17-37.



चित्र—51 सरिता श्रेणी (Stream orders) : अ—हार्टन विधि (दोस की सहायता बगियार नदी), ब—श्रीव विधि (दोस की सहायक महानदी की सहायक सिगादी नदी) तथा ग—स्ट्रान्जर विधि (वेतन नदी की सहायक ओडा नदी)—भूपत्रक 63 H । आँकड़ा तथा चित्रावली—सविन्द्र सिंह, 1972

वहाँ पर द्वितीय परिमाण दो (Second magnitude) हो जाता है। यदि इन द्वितीय परिमाण में आये चलकर प्रथम परिमाण की एक कड़ी मिलती है तो तृतीय परिमाण का निर्माण होता है। इसी तरह यदि 3 परिमाण की दो कड़ियाँ आपस में मिलती हैं तो सगम के नीचे 6 परिमाण (6th Magnitude) हो जाता है। इससे (6वीं) चौथी परिमाण की एक कड़ी मिलती है तो सगम के नीचे 10वाँ परिमाण हो जाता है। देखिये चित्र 51 व।

2 द्विशाखन अनुपात (Bifurcation Ratio = Rb)—जिसी भी प्रवाह-जल (Drainage Network) की विभिन्न श्रेणियों (Orders) के सरिता खण्डों (Stream Segments) के अन्तर्मध्यों के अध्ययन का महत्व होता है। किसी भी श्रेणी के सरिता खण्डों की सख्या तथा अगरी श्रेणी (Next higher order) के सरिता-खण्डों की सख्या के अनुपात को द्विशाखन अनुपात

(Rb) कहते हैं, जिसकी निम्न फार्मुला में व्याप्त करते हैं

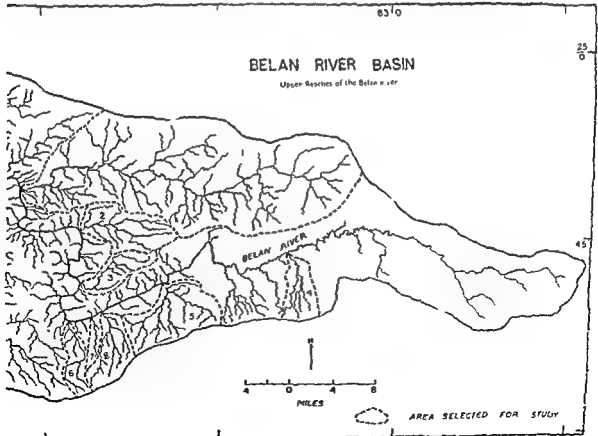
$$\text{द्विशाखन अनुपात} = Rb = \frac{Nu}{N + 1}$$

u = श्रेणी (order), Nu = किसी निश्चित श्रेणी के सरिता खण्ड की संख्या।

द्विशाखन अनुपात पर प्रवाह-वेगिन की भूगर्भीय बनावट जलवायु आदि का प्रभाव होता है। यदि समान जल, समान जलवायु तथा विकास की समान अवस्थाएँ हैं तो द्विशाखन अनुपात स्थिर (Constant) रहता है। यदि किसी भी प्रवाह-वेगिन में द्विशाखन अनुपात 3 से 5 के बीच में होती है तो वह आदर्श सरिता-क्रम का प्रदर्शन करती है। मारणी 14 में ओडा नदी (सिलक) आदर्श स्थिति वाली सरिता-क्रम को प्रदर्शित करती है।

हार्टन ने 'सरिता सख्या का सिद्धान्त' (Law of Stream Numbers) का प्रतिपादन किया है—

'किसी भी प्रवाह-वेगिन में क्रमिक निम्न श्रेणियों



चित्र— 52 . बेलन नदी के ऊपरी भाग का मानचित्र

(संविद्ध सिंह तथा गुरु धीरानन्द)।

## सारणी 14

(बेलन नदी की सहायक जोड़ा नदी)

सरिता-श्रेणी Stream order (u)	गणिता-सूचक की मध्या (Nu)	द्विशाखन अनुपात(Rb)
1	110	3.9
2	28	4.0
2	7	2.3
4	3	3.0
5	1	—

(अंकड़ा सेखक)

(Successive lower orders) की सरिताओं की सहायक गुणात्मक क्रम (Geometrical series) होता है उच्चतम श्रेणी की सरिता सहायक 1 से प्रारम्भ होकर स्थिर द्विशाखन अनुपात (Constant bifurcation ratio) के अनुसार सहायक बढ़ती जाती है।

उदाहरण के लिये यदि प्रमुख गणिता छठी श्रेणी की है और द्विशाखन अनुपात 4 है तो उच्च श्रेणी से निम्न श्रेणी (6 5 4 3 2, 1) की गणिताओं की सहायक

क्रमशः 1, 4, 16, 64, 256 तथा 1024 होगी। इस सरिता-सहायक तथा श्रेणी के बीच गुणात्मक क्रम (Geometric Progression) के आधार पर निम्न श्रेणीात्मक घातांक फलन (Negative Exponential Function) मॉडल का निर्माण होता है।

घातांक समीकरण (Exponential Equation)  
 $Nu = Rb^{(k-u)}$   $k$  = प्रवाह-वेग की उच्चतम श्रेणी।  
 इस तरह श्रेणीात्मक घातांक फलन की समाश्रयण रेखा को (regression line) को निम्न सूत्रों से परिकल्पित तथा निश्चित करते हैं—

$$\log y = \log a - bx$$

$$y = \text{सरिताखण्डों की मध्या}$$

$$x = \text{सरिता श्रेणी (order)}$$

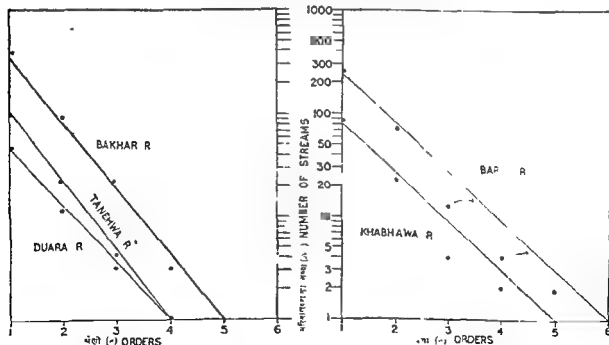
$$a = \text{स्थिरांक}$$

$$b = \text{समाश्रयण गुणांक (regression coefficient)}$$

$$\text{प्रथम श्रेणी की सरिता सहायक } N_1 = 4^{5-1} = 4^4 = 256$$

$$\text{द्वितीय श्रेणी की सरिता सहायक } N_2 = 4^{4-1} = 4^3 = 64$$

... आदि



चित्र 53

प्रत्येक सरिता श्रेणी के सरिता खंड (Stream segments) को उनकी श्रेणी के विपरीत अंकित करने पर श्रेणीात्मक घातांक फलन के प्रतीकगमन की सीधी रेखा (Straight line regression of negative exponential function) का निर्माण होता है।

अंकड़ा तथा चित्राकन—गविन्द्र मिश्र, रेनु श्रीवास्तवा 1974<sup>1</sup>

1—Singh, Savindra and Renu Srivastava, 1974 : A Morphometric Study of the Tributary Basins of Upper Reaches of Belan River, National Geographer Vol IX, p. 36. 35.

## सारणी 15 (काल्पनिक)

श्रेणी (u)	सरिता खंड की मर्या Nu	द्विशाखन अनुपात Rb
1	256	4.0
2	64	4.0
3	16	4.0
4	4	4.0
$5 = k$	$1$	—
$\Sigma Nu = 341$		

समस्त प्रवाह-बेसिन को सभी श्रेणियों के सरिता खण्डों की संख्या  $= \Sigma Nu$

$$\Sigma Nu = \frac{Rb^k - 1}{Rb - 1}$$

$$\text{अतः} \quad \Sigma Nu = \frac{4^5 - 1}{4 - 1}$$

$$\Sigma Nu = \frac{1024 - 1}{3} = \frac{1023}{3} = 341$$

3 लम्बाई अनुपात (Length Ratio,  $R_L$ )—सामान्यतः प्रवाह-बेसिन में प्रथम श्रेणी के सरिताखण्डों की औसत लम्बाई न्यूनतम होती है परन्तु यह तभी सम्भव है जब कि लघुतम मापक के मानचित्र का प्रयोग

किया जाय तथा जगुन्माकार नलिकाओं (Fingertip rills) को भी सम्मिलित किया जाय। इस तरह, सामान्य रूप में, बढ़ती श्रेणी (Increasing order) के साथ औसत लम्बाई बढ़ती जाती है। प्रत्येक दो क्रमिक श्रेणियों के समस्त सरिताखण्डों की लम्बाई के अनुपात को लम्बाई अनुपात ( $R_L$ ) कहते हैं। इसके परिकलन के लिए सभी श्रेणी के सरिता खण्डों की लम्बाई को ओपिमोमीटर की सहायता से माप कर उनका सारणीयन (Tabulation) कर लिया जाता है। तत्पश्चात् प्रत्येक श्रेणी के सरिताखण्डों की औसत लम्बाई ( $\bar{L}_u$ ) ज्ञात की जाती है।

$$\text{औसत सरिता लम्बाई } \bar{L}_u = \frac{\Sigma L_u}{N_u}$$

$\Sigma L_u$  = किसी श्रेणी के समस्त सरिताखण्डों की लम्बाई का योग।

$N_u$  = उसी श्रेणी के समस्त सरिताखण्डों की संख्या।

$$\text{लम्बाई अनुपात } R_L = \frac{\bar{L}_u}{\bar{L}_{u-1}}$$

हार्देन ने 'सरिता लम्बाई का सिद्धान्त' (Law of stream length) का प्रतिपादन किया है—

'क्रमिक श्रेणियों (Successive orders) के सरिता खण्डों की मध्य औसत लम्बाई (Cumulative mean

## सारणी—16

(बेलन की सहायक नदियाँ—चित्र<sup>2</sup> 34)

क्र० सं०	प्रवाह बेसिन	प्रत्येक श्रेणी की सरिता खंडों की मर्या						द्विशाखन अनुपात						औसत द्विशाखन अनुपात ( $\bar{R}_b$ )	
		(Nu) (u)						(Rb) (u)							
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6		
1.	बछार नदी	389	91	22	3	1	—	4.2	4.1	7.3	3.0	—	—	4.6	
2.	सनेहवा नदी	99	22	4	1	—	—	4.5	5.5	4.4	—	—	—	4.6	
3.	खबवा नदी	86	22	4	2	1	—	3.9	5.5	2.0	2.0	—	—	3.3	
4.	डुआरा नदी	46	11	3	1	—	—	4.2	3.6	3.0	—	—	—	3.6	
5.	वरका नदी	247	69	12	4	2	1	3.7	5.7	3.0	2.0	2.0	3.2		

स्रोत—मन्मोहन सिंह तथा रेनु श्रीवास्तव

1—2 Singh, Saviadra and Renu Srivastava, 1974. A Morphometric Study of the Tributary Basins of Upper Reaches of Belan River, National Geographer, Vol. IX, pp. 36-37.

क्रम सं.	प्रवाह वेगित	प्रत्येक ध्रेणी (u) में सरिता खण्डों की औसत ल० (मील)						संचयी लम्बाई (मील)						लम्बाई अनुपात (L.R.) (u)						औसत अनुपात (RL)
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
1.	वगार नदी	0.58	1.01	1.98	4.30	10.7	—	0.58	1.59	3.57	7.87	18.57	—	17	19	2.1	2.4	—	2.0	
2.	तनेहा नदी	0.50	0.93	2.7	5.9	—	—	0.5	1.43	4.13	10.03	—	—	1.8	2.9	2.2	—	—	2.3	
3.	खवला नदी	0.39	0.53	1.3	1.4	2.0	—	0.39	0.92	2.22	4.02	6.02	—	1.3	2.4	1.3	1.1	—	1.5	
4.	दुआरा नदी	0.33	0.51	3.03	4.8	—	—	0.33	0.84	3.87	3.67	—	—	1.5	5.9	1.5	—	—	2.9	
5	बरका नदी	0.25	0.42	1.15	2.22	2.0	0.7	0.25	0.67	1.8	4.04	6.04	6.74	1.6	2.7	1.9	0.9	0.3	—	

आकृष्टी - सविन्त गिह तथा रेनु धीवान्द

आकड़ा - सविन्द सिंह तथा रेनु श्रीवास्तव

1. Singh, Savindra &amp; Renu Siivastava 1974 A Morphometric Study of the Tributary Basins of Belan River, National Geographer, Vol. IX, pp 36-37

length) में गुणात्मक क्रम (geometric progression) होता है, जो कि स्थिर लम्बाई अनुपात (Constant length ratio) के अनुसार प्रथम ध्रेणी में प्रारम्भ होकर उच्च ध्रेणी की ओर बढ़ती जाती है।"

हार्टन के इस नियम को घनान्तर घातांक फलन मॉडल (Positive Exponential Function Model) के नाम से जाना जाता है जिसे निम्न समीकरण के रूप में प्रस्तुत किया जा सकता है—

$$Lu = \bar{L}_1 R_L (u-1)$$

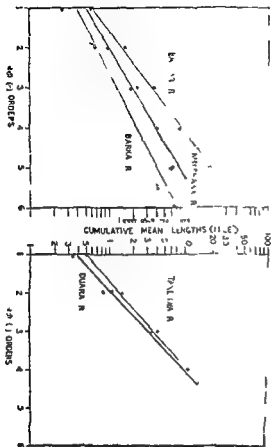
$\bar{L}_1$  = प्रथम ध्रेणी के सरिताखण्डों की औसत लम्बाई।

यदि सरिता ध्रेणी एवं उनके सरिता खण्डों की संचयी औसत लम्बाई को स्थिर अनुपात मापक (Constant ratio scale) पर रचित किया जाय तो 'घनान्तर घातांक फलन' के प्रतीपगमन (Regression) की सीधी रेखा का निर्माण होता है। देखिये चित्र 54, जिसमें भारणी 17 की नदियों के उपर्युक्त आकड़े अंकित किये गये हैं।

4. वक्रता सूचकांक (Sinuosity Index)—सरिताये किसी न किसी रूप में बक्राकार मार्ग अवश्य अंगी-कृत करते हैं क्योंकि उनका ज्यामितीय सीधा मार्ग सम्भव नहीं है। नदियों के बक्राकार मार्ग के विकास में सरचना, जलवायु, वनस्पति, समय आदि का महत्व होता है। वक्रता सूचकांक के आधार पर प्रवाह-वेगित की भू-आकृतिकी के अध्ययन में कुछ सहायता अवश्य मिलती है। नदी की वक्रता (Sinuosity) के अध्ययन के लिये कई प्रकार के गुणात्मक (Qualitative) तथा मात्रात्मक (Quantitative) तबनीकों का सहारा लिया जाता है। नदी के जलमार्ग की लम्बाई (Channel length, CL) तथा उसकी घाटी की लम्बाई (Valley length, VL) के अनुपात को वक्रता सूचकांक कहते हैं। जब यह अनुपात 1 से 1.3 होता है तो नदी वक्र (Sinuous) कही जाती है, और जब यह अनुपात 1.3 से अधिक होता है तो नदी विसर्पित (Meandering) कही जाती है। सरिता के वक्रता सूचकांक के परिकलन (Calculation) के

लिये मुलर (1968)<sup>1</sup> ने मांडव का निर्माण किया है जिसमें सरिता के जलमार्ग की लम्बाई (CL), घाटी की लम्बाई (VL) तथा उद्गम में मुहाने के बीच की लघुतम वायु दूरी (Air) को सम्मिलित किया जाता है।

$$(i) \text{ जलमार्ग सूचकांक } CI = \frac{CL}{Air}$$



चित्र—54

प्रत्येक श्रेणी (Order, u) की सचयी औसत सरिता लम्बाई (Cumulative) को उनकी श्रेणी के सामने अंकित करने पर धनात्मक धाताक फलन के प्रतीपगमन की सीधी रेखा (Straight regression line of positive exponential function) का निर्माण होता है आकड़ा तथा चित्राकृत-सविन्द्र मिह्र एंव रेनु श्रीवास्तव, 1974<sup>2</sup>

सारणी 18

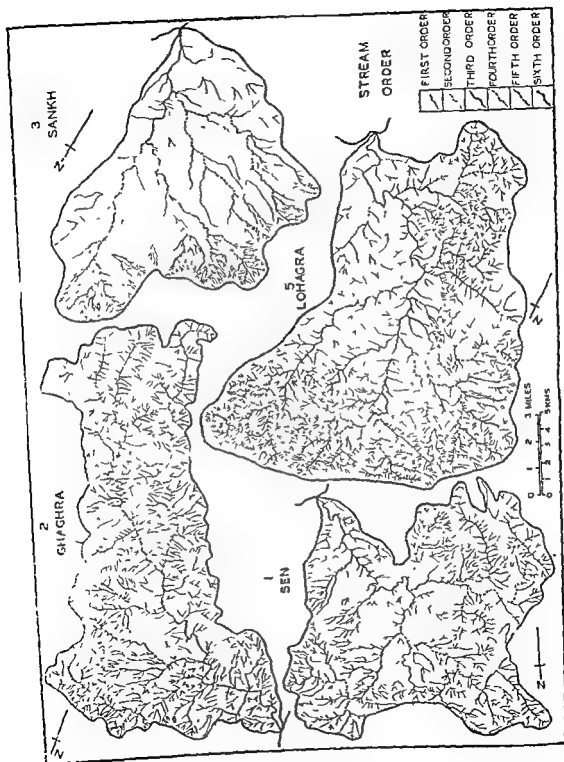
वक्रता सूचकांक (राची पठार की प्रवाह-वेसिन)

प्रवाह बेसिन	जलमार्ग सूचकांक (CI)	घाटी सूचकांक (VI)	जलीयपत्रता सूचकांक (HSI %)	स्थलावृत्ति वक्रता सूचकांक (TSI %)	SSI,
1 नन	1 47	1 38	19 2	80 8	1 06
2 घाघरा	1 38	1 26	31 6	64 4	1 10
3 मय	1 11	1 03	72 7	27 3	1 07
4 वागी I	1 20	1 06	70 0	30 0	1 18
5 सोहमरा	1 39	1 17	56.4	53 6	1 19
6 नलकारी(अपूर्व)	1 45	1 14	68 9	31 1	1.28
7 छाता	1 36	1.12	66 6	33 4	1 21
8 उदियागारा	1 57	1 47	17.5	82 5	1 07
9 वागी II	1 19	1 12	36.8	63.2	1 06
10 अम्नाझरिया	1 20	1 13	35 0	65 0	1.07
11 डीगाजोर	1 13	1 09	30 7	69 3	1 03
12 जमजोर	1 19	1 14	26 3	73 7	1 05
13 घोषद	1.36	1 24	33.3	63 7	1 09
14 साफी	1 37	1 17	54 0	46 0	1 17
15 विरगोंग	1 43	1 15	65 1	34.9	1 24
16 जुमर	1.27	1.07	74.0	26 0	1 19
17 शवा	1 13	1 09	30 7	69.3	1.04
18 उरनगदा	1 16	1 09	43 7	56 3	1 06
19 ग्यवा	1 25	1 13	48 0	52 0	1.10
20 उदग	1.14	1.04	71 0	29 0	1.10
21. वाग	1.34	1.16	52 9	47.1	1.16
22. सलेपुगु	1 16	1 11	31 2	68 8	1.04
23 खबरजंग	1.29	1.22	24.1	76.9	1.05

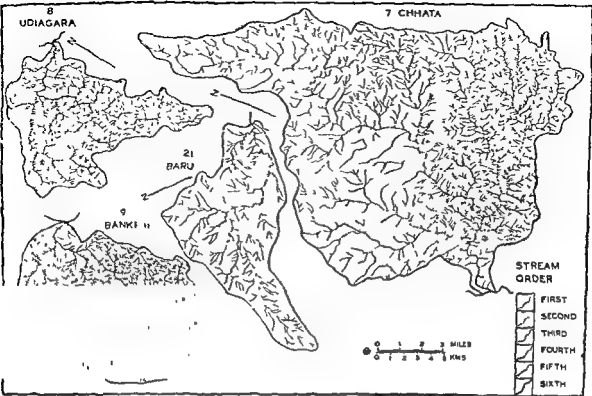
आकड़ा = सविन्द्र मिह्र, 1978

- 1 Mueller, J. E. 1968 - "An Introduction of the Hydraulic and Topographic Sinuosity Index" Ann Assoc Amer. Geogr. Vol. 58, No 2, pp. 371-385
- 2 Singh, Savindra and Renu Srivastava 1974 - A morphometric Study of tributary basins of upper reaches of Belan River, National Geographer, Vol IX p. 38.

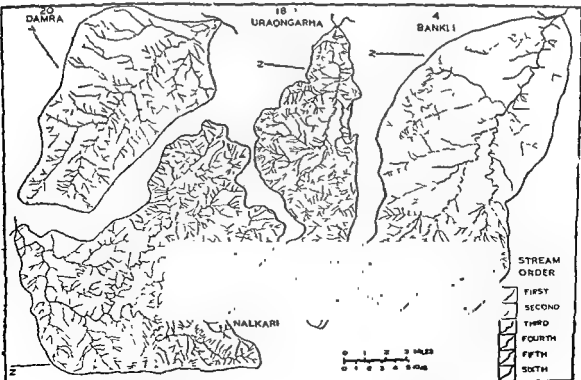




चित्र—55 : रीची नगर की लघु प्रवाह-रेखित (नरिताली का पदचुक्रण) ।



चित्र 56—राची पठार की तपु प्रवाह-वेतिन (सरिताओं का पदानुक्रम)।



चित्र—57 : राची पठार की तपु प्रवाह वेतिन (सरिताओं का पदानुक्रम)।

$$(ii) \text{ घाटी सूचकांक } VI = \frac{VL}{Air}$$

(iii) जलीय वक्रता सूचकांक

$$HSI = \% \text{ equivalent of } \frac{CI - VI}{CI - 1}$$

(जलीय नियन्त्रण के कारण वक्रता)

(vi) स्थलाकृतिक वक्रता सूचकांक

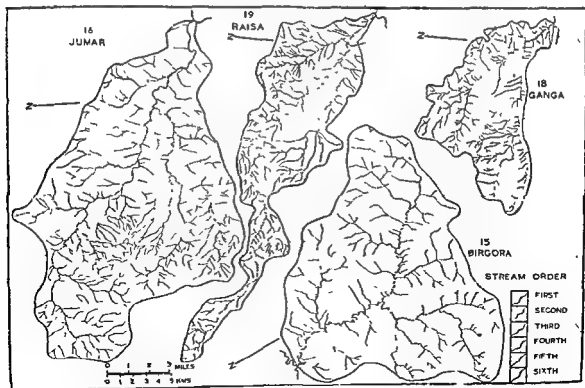
$$TSI = \% \text{ equivalent of } \frac{VI - 1}{CI - 1}$$

(स्थलाकृतिक नियन्त्रण के कारण वक्रता)

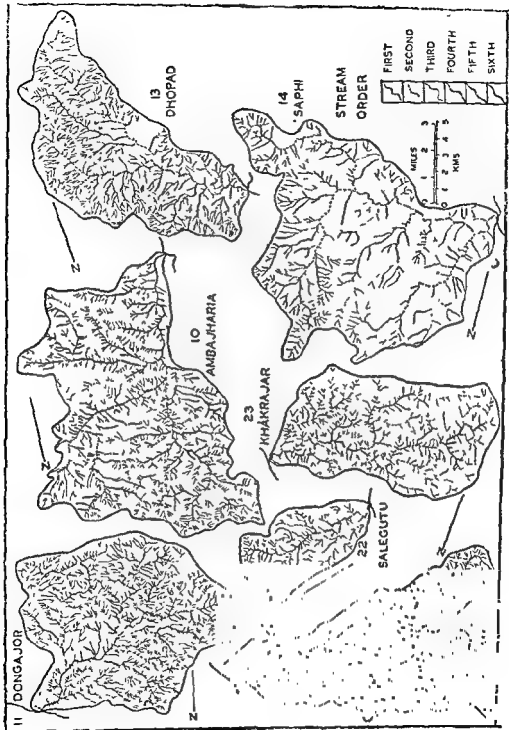
सामान्य रूप में पर्वतीय भाग में स्थलाकृतिक नियन्त्रण के कारण स्थलाकृतिक वक्रता सूची का प्रतिशत (% TSI) जलीय वक्रता सूची के प्रतिशत (% HSI) से अधिक होता है तथा मैदानी भाग में स्थलाकृतिक नियन्त्रण के शिथिल हो जाने के कारण जलीय नियन्त्रण (Hydrological Control) अधिक महत्वपूर्ण हो जाता है। अतः मैदानी भाग में जलीय वक्रता सूची का प्रतिशत अधिक होता है। मारणी 18 से यह बात स्पष्ट की गई है।

वक्रता-सूचकांक का व्यावहारिक अध्ययन

रांची पठार की लघु प्रवाह-वेसिन के वक्रता सूचकांक के पत्रिकलन तथा अध्ययन के लिए मूलर-मॉडल का वा प्रयोग किया गया है। रांची पठार में वधन की गई 23 लघु प्रवाह-वेसिन के वक्रता के प्रामाणिक वक्रता सूचकांक (SSI) 1.5 से कम है तथा 1.00 में अधिक है; जिससे प्रमाणित होता है कि सभी वेसिन वक्र (Sinuous) गरिता की श्रेणी में आती है। यद्यपि मध्य रांची पठार की गरितायें अपने विकास की अन्तिम अवस्था में है तथापि अपरदन के लिए अवरोधी ग्रेनाइट-नांग सरचना के कारण वे वाढ-मैदान तथा विसर्पो (मियाण्डर) का निर्माण नहीं कर पायी है। नलकारी नदी का सर्वाधिक प्रामाणिक सूचकांक (1.28) इसलिये है कि वह उत्तरी एस्कार्पमेण्ट के तीव्र ढाल में उतरने के पहले मध्य रांची पठार के चौरस धरातल तथा एस्कार्पमेण्ट से नीचे उतरने पर हजारोंबाय के निम्न समतल सतह पर प्रवाहित होती है। मध्य रांची पठार की नदियाँ (जैसे बिरगोरा 1.24, नांहापरा 1.19, जुमर 1.19, सफी 1.17 तथा बाकी प्रथम 1.13) औसतन उच्च प्रामाणिक सूचकांक प्रदर्शित



चित्र—58 : रांची पठार की लघु प्रवाह-वेसिन (गरिताओं का पदानुक्रम)।



चित्र-59 गली यठार की लघु प्रवाह बेसिन (गलियाओ का पदानुक्रम) ।

करती है यद्यपि इनका मान 1.5 से कम हो है। मघ (1.07) तथा गंगा (1.04) नदिया अपवाद स्वल्प है। ये मान मध्य रांची पठार की समप्राय मैदान-अवस्था को इंगित करते हैं। सप्त नदी रांची पठार के पश्चिमी उच्च प्रदेश के एस्कापेमेण्ट में नीचे उतरती है जिस कारण इसका प्रवाह-मार्ग लगभग सीधा हो गया है। दोनों तरफ समानान्तर पर्वत-श्रेणियों में घिरी होने के कारण गंगा नदी का प्रामाणिक सूचकांक सीधा मार्ग होने से कम हो गया है।

पश्चिमी उच्च प्रदेश की सरिनाओ (धोपद 1.09, धायरा 1.10 तथा सेन 1.06) के न्यून, च प्रामाणिक सूचकांक इनके विकास की अन्तिम तरणवस्था या प्रारम्भिक प्रोद्योतना की दशाओं को इंगित करते हैं। दक्षिणी निम्न पठारी प्रदेश की नदियों (अम्बाझरिया 1.07, जमजोर 1.05, डोगाजोर 1.03, छक्काजोर 1.05, बाकी द्वितीय 1.06 तथा उदियागारा 1.07) के सूचकांक भी न्यून हैं। पूर्वी रांची पठार की उडनगाढा नदी का न्यून प्रामाणिक सूचकांक (1.06) उसके दोनों तरफ स्थित समानान्तर पर्वत-श्रेणियों के कारण है।

प्रवाह-वेगिन के विकास से सम्बन्धित कारकों के अध्ययन के लिये जलीय तथा स्थलाकृतिक वक्रता सूचकांकों का एक महत्वपूर्ण आकारमितीय सत्य के रूप में प्रयोग किया जा सकता है। मध्य रांची पठार की नदियों के प्रवाह-मार्ग की वक्रता निश्चय ही जलीय प्रभावों के कारण है क्योंकि जमीन परतों सूचकांक (HSI) 54% से 74% के बीच में है। गंगा नदी की वक्रता में स्थलाकृतिक वक्रता सूचकांक (TSI 69.3%, HSI 30.7%) का प्रभुत्व उच्चावच कारक के फलस्वरूप ही सम्भव हो पाया है। गंगा और राह नदियों के संगम-स्थान पर जोन्हा प्रपात (25.9 मीटर) की स्थिति गंगा नदी के नवीनमय की शीतक है तथा यह प्रपात निक स्वादृष्ट वा उदाहरण है। पश्चिमी उच्च प्रदेश की नदियों की वक्रता स्थलाकृतिक नियन्त्रणों के कारण है जैसा कि धोपद (63.7%), धायरा (68.8%) तथा सेन (80.3%) नदियों में स्थलाकृतिक सूचकांकों से परिलक्षित है। दक्षिणी निम्न पठार की नदियों की वक्रता भी स्थलाकृतिक नियन्त्रणों के कारण है क्योंकि स्थलाकृतिक सूचकांक जलीय सूचकांक की तुलना में अत्यधिक हैं।

**प्रवाह-वेगिन की आकार-ज्यामिति (Geometry of Basin Shape)**

प्रवाह-वेगिन के आकार के ज्यामितीय अध्ययन से

उनके विभिन्न आकारों का तुलनात्मक अध्ययन तथा उनकी उत्पत्ति के सम्बन्ध में पर्याप्त सहायता मिलती है (निम्न, मध्यम तथा उच्च चक्रितता सूचकांक Circularity Index प्रवाह-वेगिन के विकास की क्रमशः तरुण, शीट तथा जोष अवस्थाओं से सम्बन्धित होते हैं)। सामान्य रूप में एक आदर्श प्रवाह-वेगिन का आकार नाशपाती जैसा होता है परन्तु वेगिन का आकार उसके क्षेत्रीय विस्तार, प्रमुख नदी की लम्बाई तथा परिधीय (परिधि) पर आधारित होता है जबकि ये अन्तिम प्राचल (क्षेत्रीय विस्तार, नदी की लम्बाई तथा परिधि) स्वयं निरपेक्ष उच्चावच, ढाल, भू-वैज्ञानिक संरचना, चट्टानों के अश्मविज्ञान (lithology) सम्बन्धी विशेषताओं आदि प्राचलों (variables) से प्रभावित होते हैं, अतः प्रवाह-वेगिन के आकार में विषमता का होना स्वाभाविक ही है। प्रवाह-वेगिन के चक्रितता सूचकांक तथा ईर्ष्यवृद्धि सूचकांक (elongation ratio) के परिकल्पन के निम्न गुर प्रचलित हैं—

(i) Horton's Form Factor (F)

$$F = \frac{A}{L^2}$$

जबकि F = Form Factor, जो वेगिन के ईर्ष्यवृद्धि सूचकांक को इंगित करता है।

A = प्रवाह-वेगिन का क्षेत्रफल

L = वेगिन-लम्बाई

F का मान 0 से 1 तक होता है। मान जितना ही कम होगा वेगिन का आकार उतना ही लम्बा होगा और बढ़ता मान वेगिन की अधिक चक्रितता का शीतक होता है।

(ii) Stodart's Ellipticity Index (E), (1965)

$$E = \frac{L}{2b} = \frac{\pi L^2}{4A}$$

E (अण्डवृत्ताकृत सूचकांक) का मान 0 से 1 के बीच रहता है। स्टोडार्ट का E हाटन ने F से व्युत्क्रम समानुपातिक (inversely Proportional) है।

(iii) Miller's (1953) Circularity Index (C)

C = वेगिन का क्षेत्रफल

ऐसे दूत का क्षेत्रफल जिसकी परिधि वेगिन की परिधि के बराबर हो।

$$\text{या } C = \frac{4\pi A}{P^2}$$

P = बेसिन की परिधि

C (चक्रिलता सूचकांक) का मान 0 (गोलीय रेखा) से 1 (पूर्ण वृत्त) के बीच रहता है। C का मान जितना अधिक होगा, बेसिन का आकार उतना ही अधिक चक्रिल (गोल) होगा।

सारणी—19

बेसिन आकार-सूचकांक

प्रवाह बेसिन (रांची पठार)	चक्रिलता सूचकांक (C)	दीर्घवृत्ति अनुपात (Elongation ratio R)	सामान्य फैलाव (F)	नोमिस्केट (K)
1. बेन	0.43	0.78	0.47	0.53
2. घाघरा	0.36	0.62	0.30	0.83
3. मण्ड	0.85	0.79	0.49	0.51
4. बाकी I	0.63	0.68	0.36	0.69
5. लोहागढ़ा	0.72	0.87	0.60	0.41
6. नलकारी (अपूर्ण)	0.52	1.83	0.54	0.46
7. छाता	0.42	0.68	0.36	0.69
8. उदियागढ़ा	0.49	0.79	0.49	0.51
9. बाकी II	0.87	0.89	0.62	0.40
10. अम्बाजोरिया	0.44	0.77	0.47	0.53
11. डोंगाजोर	0.82	0.89	0.63	0.40
12. जमजोर	0.52	0.64	0.32	0.77
13. घोषद	0.61	0.72	0.41	0.61
14. सार्धा	0.53	0.77	0.47	0.53
15. बिरगढ़ा	0.64	0.87	0.59	0.42
16. जूझर	0.58	0.67	0.35	0.71
17. गवा	0.47	0.67	0.36	0.69
18. उरनगढ़ा	0.39	0.51	0.20	1.21
19. ग्यसा	0.25	0.39	0.12	2.07
20. उमरा	0.75	0.67	0.35	0.71
21. बार	0.48	0.60	0.28	0.87
22. मनेगुनु	0.57	0.67	0.35	0.71
23. चक्राजोर	0.40	0.69	0.38	0.65

स्रोतः—मविन्द्र सिंह, 1978

(iv) Schumm's (1956) Elongation Ratio (R)

एंग्रे वृत्त का व्यास जिसका क्षेत्रफल बेसिन के

$$R = \frac{\text{क्षेत्रफल के बराबर हो}}{\text{बेसिन की लम्बाई}}$$

$$R = 2 \sqrt{\left(\frac{A}{\pi}\right)}$$

$$R = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\left(\frac{A}{L^2}\right)} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sqrt{F} \text{ or } \left(F = \frac{\pi}{4} R\right)^2$$

R (लम्बाई अनुपात/दीर्घवृद्धि अनुपात) एंग्रे के F का वर्गमूल का समानुपातिक होता है। R का मान 0 (अधिक लम्बा आकार) से 1 (पूर्ण चक्रिलता) के बीच रहता है। अतः R का मान जितना अधिक होगा, बेसिन का आकार उतना ही अधिक चक्रिल (गोल) होगा।

(v) Chorley, Malm and Progrzelski's (1957) Lemniscate Method (K)

$$K = \frac{L^2}{4A}$$

K का मान जितना अधिक होगा, बेसिन का आकार उतना ही अधिक गम्भीर होगा।

चक्रिलता सूचकांक का व्यावहारिक पक्ष

चक्रिलता सूचकांक के उपर्युक्त गुरों के आधार पर रांची पठार की 23 प्रवाह-बेसिन के आकार के सूचकांक (सारणी 19) परिकल्पित किये गए हैं। सारणी में प्रकट होता है कि रैसा नदी का चक्रिलता सूचकांक (C=0.25) न्यूनतम है जो उसके अत्यधिक दीर्घवृद्धि (elongated) आकार का सूचक है। चक्रिलता सूचकांक के अन्य मान (R=0.39, F=0.12 तथा K=2.07) भी रैसा नदी के अत्यधिक लम्बे आकार का इंगित करते हैं। पूर्वी रांची पठार के समतल प्रायः मैदान के ऊपर प्रवाहित होने वाली रैसा नदी का यह आकार उसके दोनों तरफ स्थित पहाड़ियों के कारण है। इसी तरह उरनगढ़ा बेसिन (पूर्वी रांची पठार) का जाकर उसके दोनों ओर स्थित समानान्तर पहाड़ियों के कारण अत्यधिक लम्बा है (C=0.39, F=0.20, K=1.21)। बेसिन-आकार के चारों सूचकांकों के आधार पर रांची, द्वितीय, डोंगाजोर, उमरा, लोहागढ़ा तथा बिरगढ़ा बेसिन अधिक वृत्तीय आकार वाली हैं जबकि रैसा, उरनगढ़ा, घाघरा, बार आदि बेसिन का आकार अत्यधिक लम्बा है।

रांची पठार के विभिन्न भ्वाकृतिक प्रदेशों की बेसिन के आकार पर भू-वैज्ञानिक संरचना, निरपेक्ष उच्चावच तथा ढाल के प्रभाव अलग-अलग रूपों में परिलक्षित होते हैं। मध्य रांची पठार की नदियाँ (लोहागारा, मछ, विरगोरा, सफी आदि) के आकार की अत्यधिक चकिलता उम क्षेत्र में प्रेनाइट नीस संरचना के कारण न होकर उम क्षेत्र की समप्राय मैदान अवस्था के कारण है। उडनगढ़ा, रैसा (पूर्वी रांची पठार) तथा घाघरा (पश्चिमी उच्च प्रदेश) नदियों के दीर्घवृद्धि (elongation) आकार में उच्चावच का सर्वाधिक प्रभाव है। पूर्वी रांची पठार की डमरा बेसिन के आकार की अधिक चकिलता वहाँ की अपेक्षाकृत कोमल शैल तथा न्यून ढाल कोण की प्रतिफल है। दक्षिणी निम्न पठार की धारदार युग की कोमल तथा सन्निवृत्त संरचना (माइका-गिस्ट शैल) के कारण नदियों की शाखाओं में पर्याप्त विवर्धन हुआ है जिस कारण डोंगाजोर तथा बाँकी द्वितीय बेसिन का आकार अधिक चकिल है, जबकि डालमा संरचना के ऊपर पहाड़ियों के बीच में प्रवाहित होने के कारण उदियागारा बेसिन का चकिलता सूचकांक न्यून हो गया है।

#### क्षेत्रीय पहलू (Areal Aspect)

प्रत्येक श्रेणी की सभी सरिताओं की बेसिन का क्षेत्रफल प्लेनीमीटर की सहायता से ज्ञात किया जाता है। तत्पश्चात् प्रत्येक श्रेणी की सभी सरिताओं की बेसिन का औसत क्षेत्रफल ( $\bar{A}_u$ ) ज्ञात किया जाता है। द्वितीय

श्रेणी की बेसिन का क्षेत्रफल, सभी प्रथम श्रेणी की बेसिन के क्षेत्रफल एवं द्वितीय श्रेणी की बेसिन के 'अन्तर्बेसिन क्षेत्रफल (प्रथम श्रेणी की सरिताओं के अन्तर्गत निम्न स्थल का जल सीधे द्वितीय, तृतीय आदि श्रेणी की सरिताओं में जाता है, उस क्षेत्र को अन्तर्बेसिन क्षेत्र कहते हैं) के योग के बराबर होता है। इस तरह बढ़ती श्रेणी के माध्य बेसिन का क्षेत्रफल मंचयी (Cumulative) होता जाता है।

1. बेसिन क्षेत्रफल अनुपात (Area Ratio,  $R_a$ )— दो क्रमिक श्रेणी की बेसिन के क्षेत्रफल के अनुपात को 'बेसिन क्षेत्रफल अनुपात' कहते हैं। इसको निम्न गुर की सहायता से ज्ञात किया जाता है—

$$\text{बेसिन क्षेत्रफल अनुपात } R_a = \frac{\bar{A}_u}{\bar{A}_{u-1}}$$

$\bar{A}_u$  = किसी श्रेणी की बेसिन का औसत क्षेत्रफल।

2. बेसिन क्षेत्रफल का नियम (Law of Basin Area)—'क्रमिक श्रेणियों (Successive orders) की बेसिन के औसत क्षेत्रफल में गुणात्मक क्रम (Geometric progression) होता है, जो कि प्रथम श्रेणी की बेसिन के औसत क्षेत्रफल से प्रारम्भ होकर स्थिर क्षेत्रफल अनुपात (Constant area ratio) के अनुसार बढ़ता जाता है।'

इस नियम को निम्न समीकरण के रूप में प्रस्तुत

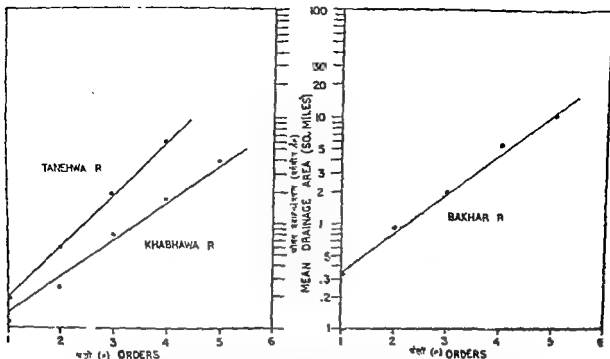
#### सारणी—20

(बेलन की सहायक नदियाँ)<sup>1</sup>

क्र० सं० प्रवाह बेसिन	प्रत्येक श्रेणी (u) की बेसिन का औसत क्षेत्रफल (वर्गमील—Au) (u)					क्षेत्रफल अनुपात (Ra) औसत क्षेत्रफल अनुपात (Ra)						
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1. बछार नदी	0.33	0.93	1.90	5.60	10.3	—	2.8	2.04	2.9	1.8	—	2.3
2. तनेहुवा नदी	0.19	0.58	1.83	5.77	—	—	3.01	3.14	3.15	—	—	3.1
3. खवा नदी	0.11	0.24	0.78	1.66	3.79	—	2.14	3.3	2.11	2.28	—	2.4
4. दुआरा नदी	0.10	0.24	1.35	5.76	—	—	2.31	5.6	4.26	—	—	4.0
5. बरका नदी	0.08	0.18	0.51	1.34	1.89	2.17	2.3	2.74	2.61	1.42	1.14	2.9
Ra=2.9												

आकृष्टा मविन्द्र सिंह तथा रेनु श्रीवास्तव

1. Singh, Savindra & Renu Srivastava, 1974 : A Morphometric study of tributary basins of upper reaches of Belan River, National Geographer, volume IX p. 39.



चित्र 60—प्रत्येक श्रेणी के औसत क्षेत्रफल को उसकी श्रेणी के सामने (यमीलॉग पाक पर) अवित्त करने पर धनात्मक घातांक कलन के प्रतीगमन की सीधी रेखा (Straight regression line of positive exponential function) का निर्माण होता है।<sup>1</sup>

किया जा सकता है जो कि धनात्मक घातांक कलन (Positive Exponential Function) मॉडल का घातक है।

$$\bar{A}_u = \bar{A}_1 R_a^{(u-1)}$$

$\bar{A}_1$  = प्रथम श्रेणी की बेसिन का औसत क्षेत्रफल।

3. प्रवाह घनत्व (Drainage Density)—प्रवाह घनत्व के अन्तर्गत सरिताओं की संख्या तथा बेसिन के क्षेत्रफल के बीच सम्बन्ध का अध्ययन किया जाता है।

किसी प्रवाह-बेसिन की सभी श्रेणियों की सभी सरिताओं की लम्बाई का योग प्राप्त किया जाता है। इस योग को उस प्रवाह-बेसिन के सम्पूर्ण क्षेत्रफल से भाग देकर प्रवाह-घनत्व ज्ञात किया जाता है।

$$\text{प्रवाह घनत्व (D)} = \frac{\text{सभी सरिताओं की लम्बाई का योग}}{\text{प्रवाह-बेसिन का क्षेत्रफल}}$$

$$Dd = \frac{\Sigma L_k}{A_k}$$

सारणी—21

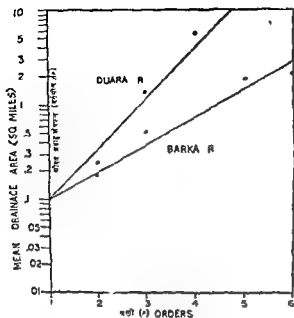
(बेलन की सहायक नदियाँ)

प्रवाह बेसिन	बरवार	तनेहवा	खबवा	हुआरा	बरका	अ नदी	ब नदी	स नदी
प्रवाह-घनत्व	1.28	2.4	3.04	2.5	3.2	3.01	3.9	3.3
औसत प्रवाह घनत्व (D) $\approx 2.8$								

संकेत—मन्दिन सिंह तथा रेंडू श्रीवास्तव (1974)

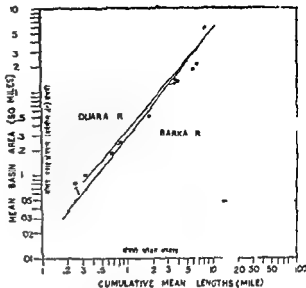
1. Singh, Savindra and Renu Srivastava, 1974 : A morphometric study of tributary drainage basins of Upper Reaches of Belan river, National Geographer Vol IX, p 40





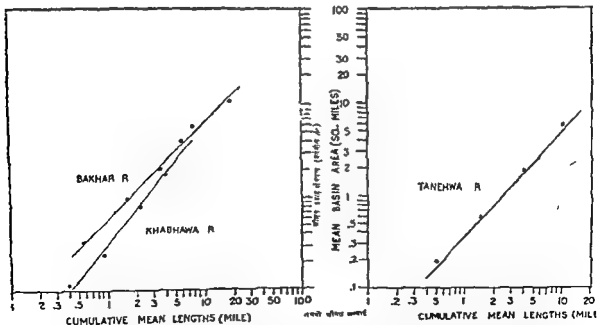
चित्र 61

विवरण के लिये चित्र 60 का पृष्ठ देखिये ।



चित्र 63

विवरण के लिये चित्र 62 का विषय देखिए ।



चित्र 62

लाग भाग पर संचयी औसत लम्बाई तथा औसत प्रवाह क्षेत्रफल को अंकित करने पर घनात्मक घातांक फलन के प्रतीपमन रेखा का निर्माण होता है । आंकड़ा तथा चित्रांकन—सविन्द्र सिंह तथा रेनु श्रीवास्तव, नेशनल ज्याग्रफर, 1974, अंक IK P. 42

सम्पूर्ण प्रवाह-वेगिन का एक साथ प्रवाह-घनत्व का परिकलन करने में केवल एक मान प्राप्त होता है जिससे प्रवाह वेगिन के प्रवाह-घनत्व का आवृत्ति-विश्लेषण (frequency analysis) तथा क्षेत्रीय विविधता (spatial variation) का अध्ययन सम्भव नहीं हो पाता है। जब प्रवाह-वेगिन के प्रवाह-घनत्व का अध्ययन ग्रिड प्रणाली द्वारा किया जाना चाहिये। समस्त प्रवाह वेगिन को एक मील  $\times$  एक मील या एक कि० मी०  $\times$  एक कि० मी० के ग्रिड में विभाजित करके प्रत्येक ग्रिड में सम्पूर्ण सन्तिताओं की सम्वाई ज्ञात करके प्रवाह-घनत्व का मान ज्ञात किया जाना चाहिये। सभी आवृत्तियों के मान को निम्न रूप में वर्गीकृत किया जा सकता है—(स्मरणीय है कि प्रवाह घनत्व का वर्गीकरण मानचित्र के मापक तथा ग्रिड के अनुसार भिन्न-भिन्न हो सकता है)

**प्रवाह-घनत्व वर्ग**

(एक मील  $\times$  एक मील के ग्रिड में सन्तिताओं की सम्वाई मील में)

(1) 0—2	...	निम्न प्रवाह-घनत्व	DdL
(2) 2—4	...	मध्यम प्रवाह-घनत्व	DdM
(3) 4—6	...	उच्च प्रवाह घनत्व	DdH
(4) > 6	..	अति उच्च प्रवाह-घनत्व	DdyH

इन प्रवाह-घनत्व के अन्तर्गत आवृत्तियों (frequencies) का अध्ययन किया जाता है तथा उनके आधार पर प्रवाह-घनत्व के क्षेत्रीय अध्ययन के लिये सममान रेखा (isopleth) मानचित्र तैयार किये जाते हैं। रांची पटार की चार प्रवाह वेगिन के प्रवाह-घनत्व की आवृत्तियाँ सारणी 22 में प्रस्तुत हैं

**सारणी—22**

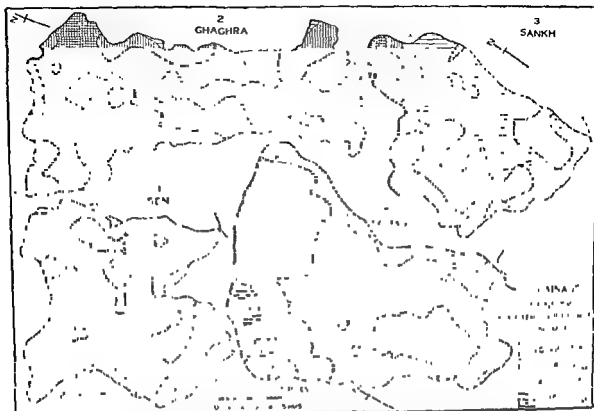
प्रवाह-वेगिन	प्रवाह-घनत्व, वर्ग तथा आवृत्ति							
	0—2		2—4		4—6		> 6	
	F	%	F	%	F	%	F	%
(1) सेन वेगिन	12	16.66	49	68.05	11	15.29	—	—
(2) घाघरा वेगिन	7	8.05	45	51.72	35	40.23	—	—
(3) सख वेगिन	25	40.98	24	39.35	12	19.67	—	—
(4) लोहागारा वेगिन	10	10.00	46	46.00	41	41.00	3	3.00

**सारणी—23 प्रवाह-घनत्व के सांख्यिकीय मान**

प्रवाह-वेगिन	औसत (X)	मानक विचलन (SD or s)	विचलन (V)	विचलन गुणांक %V
(1) सेन वेगिन	3.021	1.125	0.37	37.23
(2) घाघरा वेगिन	3.735	1.193	0.31	31.94
(3) सख वेगिन	2.549	1.459	0.37	57.23
(4) लोहागारा वेगिन	3.740	1.390	0.37	37.16

**सारणी - 24 प्रवाह घनत्व का क्षेत्रीय वितरण (spatial distribution)**

प्रवाह-वेगिन	प्रवाह-घनत्व वर्ग तथा उनका क्षेत्रफल (वर्ग कि० मी०)							
	0—2		2—4		4—6		> 6	
	क्ष०	%	क्ष०	%	क्ष०	%	क्ष०	%
(1) सेन वेगिन	13.59	7.89	136.64	79.33	22.01	12.78	—	—
(2) घाघरा वेगिन	3.11	1.25	108.53	52.91	93.49	45.57	—	—
(3) सख वेगिन	71.48	45.24	61.39	38.86	25.12	15.90	—	—
(4) लोहागारा वेगिन	57.76	22.21	86.64	33.32	111.76	42.98	3.88	1.49



चित्र 64—प्रवाह-घनत्व का क्षेत्रीय वितरण (रांची पठार की लघु प्रवाह-बेसिन)

प्रवाह-घनत्व के क्षेत्रीय वितरण पर कई कारकों का प्रभाव होता है। जैसे, वर्षण-प्रभावशीलता (Precipitation effectiveness Melton 1957), वनस्पति सूचकांक (शॉर्ले, 1957), धरातल की भेद्यता (कार्लस्टन 1963), जलवायु-आवरण (काटन, 1964), वर्षण-प्रतिधिता (rain fall intensity, शॉर्ले और मार्गन, 1962, मेल्टन 1957) भूवैज्ञानिक संरचना मुख्य रूप से शैल-प्रकार वर्षा का धरातल में अन्तःसंचयन (infiltration), वनस्पति प्रकार (मकिन्ड मिह, 1978) आदि। उपर्युक्त उदाहरण में (भारती 24) रांची पठार के पश्चिमी पाट क्षेत्र में प्रवाहित होने वाली सरिताओं—सेन तथा घाघरा—के प्रवाह-घनत्व पर टर्शियरी युग में पाट-क्षेत्र के उत्थान (अतः नवीनमेप), बगार-ढाल, औसत ढाल, वनस्पति तथा स्थल-प्रवाह (overland flow) की सम्बाध का प्रभाव पड़ा है जबकि वेनाइट-नीस शैल प्रकार ने मध्य तथा लोहागारा बेसिन के प्रवाह-घनत्व को नियन्त्रित किया है।

4. प्रवाह गठन (Drainage—Texture)—प्रवाह बेसिन में सरिताओं के बीच की दूरी का भी अध्ययन

महत्वपूर्ण होता है। जब सरिताओं का वितरण अत्यधिक दूर-दूर होता है तो उसे स्थूल गठन (Coarse Texture) कहते हैं। प्रायः निम्न प्रवाह-घनत्व वाली बेसिन स्थूल गठन वाली होती है। इस तरह जब सरिताओं के बीच की दूरी मध्यम प्रकार की होती है तो उसे मध्यम गठन (Medium Texture) कहते हैं और जब वितरण घना होता है, अर्थात् जब सरितायें अत्यधिक पास-पास होती हैं तो उसे सूक्ष्म गठन (Fine Texture) कहते हैं। निश्चय ही प्रवाह-घनत्व तथा प्रवाह-गठन पर शैल प्रकार, वर्षा का जल तथा उसके नीचे रिसाव का स्वभाव तथा वनस्पति की उपस्थिति या अनुपस्थिति का प्रभाव होता है।

प्रवाह-बेसिन में सरिताओं के बीच की दूरी को प्रवाह-गठन कहते हैं। प्रवाह-गठन से उस क्षेत्र के धर्पण के स्वभाव तथा मात्रा का सुस्पष्ट बोध हो जाता है। हार्टन (1945) ने प्रति इकाई क्षेत्र में सरिताओं की आकृति (सरिताओं की संख्या) के आधार पर प्रवाह-गठन का परिकल्पित किया है। रिम्प (1950) ने प्रवाह-गठन के स्थान पर गठन-अनुपात (texture ratio) का प्रयोग

किया है, जो कि एक सरिता से दूसरी सरिता के समीप्य पर आधारित होता है। इन्होंने गठन-अनुपात के लिए निम्न गुर बताया है—

$$\text{गठन अनुपात} = N/P$$

जबकि  $N$  = बेसिन के सबसे सूक्ष्मदन्ती (crenulated) समोच्च रेखा के सूक्ष्मदन्तों (crenulations) की संख्या तथा  $P$  = बेसिन की परिधि।

सविन्द्र सिंह (1976, 1978) ने प्रति इकाई क्षेत्र में सरिताओं के बीच सापेक्ष दूरी को प्रवाह गठन के परिकलन का आधार बनाया तथा निम्न गुर का प्रतिपादन किया—

$$\text{प्रवाह-गठन (T)} = \frac{1}{(1+P)/2}$$

जबकि  $1$  = एक मोल की लम्बाई,

$t$  = एक वर्ग मोल के ग्रिड में एक मोल की लम्बाई में सरिताओं के कटान की संख्या।

$$t = \frac{(t_1 + t_2)/2}{\sqrt{2}}$$

जबकि  $t_1$  और  $t_2$  = ग्रिड के दो विकर्णों के सहारे सरिताओं के कटान (Crossings) की संख्या।

$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_4}{4}$$

जबकि  $P_1, P_2, P_3$  तथा  $P_4$  ग्रिड के चारो भुजाओं के सहारे सरिताओं के कटान बिन्दुओं की संख्या। (ग्रिड का आकार एक कि० मी० × एक कि० मी०

भी हो सकता है। आवश्यकतानुसार इससे बड़े ग्रिड भी हो सकते हैं)

उपर्युक्त गुर के आधार पर प्रवाह-बेसिन को एक वर्ग मोल (एक मोल × एक मोल) के ग्रिड में विभक्त किया जाता है तथा प्रत्येक ग्रिड में प्रवाह-गठन के मान को परिकलित किया जाता है (प्रवाह-गठन का मान 0 से 1 मोल के बीच रहता है)। तत्पश्चात् विभिन्न ग्रिड के मान को निम्न प्रवाह-गठन वर्गों में विभक्त किया जाता है।

प्रवाह-गठन वर्ग वर्गीकरण सम्बन्धी व्याख्या  
(दो सरिताओं के बीच की औसत दूरी, मोल में)

(1) 0—0.2 अतिसूक्ष्म प्रवाह-गठन ( $T_{VF}$ )

(2) 0.2—0.4 सूक्ष्म प्रवाह-गठन ( $T_F$ )

(3) 0.4—0.6 मध्यम प्रवाह-गठन ( $T_M$ )

(4) 0.6—0.8 स्थूल प्रवाह-गठन ( $T_C$ )

(5) 0.8—1.0 अति स्थूल प्रवाह-गठन ( $T_{VC}$ )

इन प्रवाह-गठन वर्गों के अन्तर्गत आवृत्तियों (frequencies) का अध्ययन किया जाता है तथा उनके आधार पर प्रवाह-गठन के क्षेत्रीय अध्ययन के लिए समान रेखा (isopleth) मानचित्र तैयार किये जाते हैं। रांची पठार की चार प्रवाह-बेसिन के प्रवाह-गठन की आवृत्ति सारणी 25 में प्रस्तुत है।

#### सारणी—25

(रांची पठार की प्रवाह-बेसिन का प्रवाह गठन)

प्रवाह बेसिन	प्रवाह-गठन वर्ग तथा आवृत्ति								योग F
	0 F	0.2 %	0.2—0.4 F	0.2—0.4 %	0.4—0.6 F	0.4—0.6 %	0.6—0.8 F	0.6—0.8 %	
1. सेन बेसिन	4	5.56	40	55.56	20	27.78	2	2.77	72
2. घाघरा बेसिन	11	12.64	65	74.71	5	5.74	4	4.60	87
3. सख बेसिन	6	9.84	10	16.39	14	22.95	9	14.76	61
4. सोहागारा बेसिन	14	14.00	52	52.00	13	13.00	5	5.00	100

आँकड़ा, सविन्द्र सिंह (1978)

T = texture, VF = very fine, M = moderate, C = coarse, VC = very coarse.

सारणी—26  
प्रवाह-गठन के विभिन्न सांख्यिकीय मान

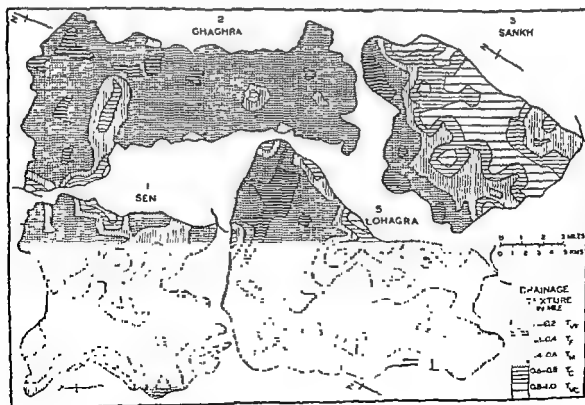
प्रवाह-वेगिन (रांची पठार)	औसत ( $\bar{X}$ )	मानक विचलन (SD या $\sigma$ )	विचरण (V)	विचरण गुणांक V%
1. सत वनित	0.405	0.991	0.47	47.16
2. घाघरा वनित	0.318	0.150	0.47	47.16
3. सख वनित	0.601	0.275	0.45	45.75
4. लोहाग्रा वनित	0.334	0.208	0.62	62.27

आकृति = सविन्द्र सिंह (1878)

सारणी—27  
प्रवाह-गठन का क्षेत्रीय वितरण (Spatial distribution)

प्रवाह बोनन (रांची पठार)	प्रवाह-गठन वर्ग तथा उनका क्षेत्रफल (वर्ग किमी.)										योग
	0-0.2		0.2-0.4		0.4-0.6		0.6-0.8		0.8-1.0		
	क्ष०	%	क्ष०	%	क्ष०	%	क्ष०	%	क्ष०	%	
1. सत वनित	3.24	1.88	105.55	61.28	48.69	28.27	10.49	6.09	4.27	2.48	172.24
2. घाघरा वनित	12.30	5.99	166.16	81.00	19.42	9.47	5.96	2.91	1.29	0.63	205.13
3. सख वनित	4.53	2.87	22.92	14.51	38.20	24.19	53.88	34.10	38.46	24.34	157.99
4. लाहामारा वनित	20.33	7.82	167.98	64.60	47.91	18.42	19.53	7.52	4.27	1.64	260.08

अंकित = सविन्द्र सिंह (1978)



चित्र 65 प्रवाह-गठन का क्षेत्रीय वितरण (रांची पठार की लघु प्रवाह-वेगिन), मानचित्रण—सविन्द्र सिंह 1978

### प्रवाहगठन : विश्लेषण

मेन तथा चापरा बेसिन का प्रवाह-क्षेत्र पश्चिमी उच्च रांची पठार (पाट क्षेत्र) पर है जबकि सख तथा लोहा-गारा नदियाँ मध्यवर्ती रांची पठार (प्रेनाइट-नीस संरचना) पर स्थित हैं। पश्चिमी रांची पठार (प्रेनाइट-नीस संरचना) के उपर इर्टिमियम युग की लावा-परत है जो अब अपक्षय के कारण सेटराइट में परिवर्तित हो गयी है। टंगिघरी युग में उत्थान के कारण मध्य रांची पठार की सम्प्राय मतह में 300 मीटर ऊँचा है। पश्चिमी रांची पठार में टंगिघरी युग में उत्थान के कारण नई सरिताओं (प्रथम तथा द्वितीय श्रेणी) व उद्भव के कारण प्रवाह-गठन सूक्ष्म (Fine) है क्योंकि सन बेसिन की कुल 72 आवृत्तियों में से 44 आवृत्तियाँ तथा चापरा बेसिन में 87 आवृत्तियों में से 76 आवृत्तियाँ अति सूक्ष्म और सूक्ष्म प्रवाह-गठन वर्गों में केन्द्रित हैं। क्षेत्रीय वितरण की दृष्टि से नन तथा चापरा बेसिन के कुल क्षेत्रफल के क्रमशः 63.16% तथा 86.99% भाग पर अतिमूक्ष्म तथा मूक्ष्म प्रवाह-गठन का विकास हुआ है। प्रवाह-गठन आवृत्ति तथा क्षेत्रीय वितरण की ये प्रवृत्तियाँ इस क्षेत्र में नवोन्मेष तथा बेसिन-विकास की अन्तिम तरुण तथा प्रारम्भिक प्रौढ़ अवस्थाओं की परिचायिका हैं। सख बेसिन व उद्भव स्थल पश्चिमी रांची पठार (पूर्वी कगार) के पाट-क्षेत्र (मैसा, 1000 मीटर से अधिक) पर है जहाँ से नदी निकल कर तीव्र कगार ढाल में उतर कर मध्य रांची पठार (600 मीटर) व लोहारादगगा सम्प्राय मैदान पर प्रवाहित होती है। अतः कगार-क्षेत्र पर तो सूक्ष्म प्रवाह-गठन (कुल बेसिन क्षेत्रफल के 17.38% भाग पर—मूक्ष्म प्रवाह-गठन वर्ग व नानो वर्ग) का विकास हुआ है, जबकि उमने मध्य तथा निचले प्रवाह-क्षेत्र में (लोहारादगगा मैदान) स्थूल तथा अति स्थूल प्रवाह-गठन (कुल क्षेत्रफल के 58.44% भाग पर) का विकास हुआ है। लोहारादगगा तमिन यद्यपि मध्य रांची पठार की समतल मतह पर प्रवाहित होती है तथापि स्थानीय पहाड़ियों के कारण तथा अपेक्षाकृत अधिक टहन के कारण बेसिन-क्षेत्रफल के 72.42% भाग पर अति सूक्ष्म तथा मूक्ष्म प्रवाह गठन का विकास सम्भव हो पाया है। स्पष्ट है कि प्रवाह-गठन पर संरचना वर्गों की महत्त्वता, वर्गों के जल के नीचे रिमाव का स्वभाव तथा वनस्पति के अलावा निरपेक्ष उच्चावच, ढाल तथा स्थल के स्वभाव का भी पर्याप्त प्रभाव होता है।

### उच्चावच पहलू (Relief Aspect)

प्रधान-बेसिन में सरिताओं के मार्ग के ढाल, घाटी-

पाश्वर्क ढाल, घर्षण की माता (Degree of Dissection) ऊँचाई आदि का अध्ययन उच्चावच पहलू में अन्तर्गत किया जाता है। सामान्य रूप में सरिता के जलमार्ग की अनुदैर्घ्य परिच्छेदिका (Longitudinal Profile), मुहाने से उद्गम की ओर जम्बतल (Concave) होती है तथा जनें जनें मुहाने की ओर ढाल कम होता जाता है। इस तरह सरिता श्रेणी (Stream Order) तथा उसने जल-मार्ग के ढाल (Channel Slope) के बीच सम्बन्धों का अध्ययन महत्वपूर्ण होता है। इस कार्य के लिये पहले प्रत्येक श्रेणी के सभी सरिताखण्डों के जलमार्ग के ढाल परिकलित किये जाते हैं, अर्थात् यह देखा जाता है कि प्रति किलोमीटर की क्षैतिज दूरी से लम्बवत् ऊँचाई में निम्नले सेण्टीमीटर या मीटर की गिरावट होती है। ढाल को प्रायः अनुपात में प्रदर्शित किया जाता है। प्रत्येक श्रेणी की सभी सरिताओं के जलमार्ग के ढाल को ज्ञात करके उनका औसत ढाल ( $S_1, S_2, S_3, \dots$ ) ज्ञात किया जाता है। यदि ग्राफ (Semilog) पर प्रत्येक श्रेणी (Order  $n$ ) के औसत ढाल ( $S_n$ ) को चित्रित किया जाय तो सघातमय घातांक फलन के समाश्रयण की सीढ़ी गिनी (Straight line regression of negative exponential function) का निर्माण होता है। इस आधार पर हार्टेन न निम्न नियम का प्रतिपादन किया है—

क्रमिक उच्च श्रेणी (Successive higher order) के सरिताखण्डों के औसत ढाल में विपरीत गुणात्मक क्रम (Inverse geometric progression) होता है जो कि स्थिर ढाल-अनुपात के अनुसार घटता जाता है।

$$\text{ढाल-अनुपात } R_s = \frac{S_n}{S_{n-1}}$$

सामान्यतः ढाल अनुपात 0.3 से 0.6 होता है। इसे 1 से कम ही होना चाहिए। हार्टेन एवं स्थिर ढाल-अनुपात (Constant slope ratio) के चयन के पक्ष में है।

$$S_n = S_1 R_s^{(n-1)}$$

जलमार्ग ढाल ( $S_c$ ) के बाद घाटी के पाश्वर्क ढाल Valley-side slope  $S_g$  भी परिकलित किया जाता है। इनने अन्तर्गत विविध सरिताखण्ड के जलनिर्भाजक से प्रारम्भ करके उसने जलमार्ग तक का ढाल बर्द्धवार में परिकलित किया जाता है। इस तरह जलमार्ग का ढाल जबकि कोण में लिया जाता है— $(6c)$  तथा घाटी-पाश्वर्क

ढाल ( $\theta g$ ) ज्ञात करके उनका औसत ( $\bar{\theta c}$  तथा  $\bar{\theta g}$ ) ज्ञात किया जाता है और उनके बीच सम्बन्धों का अध्ययन किया जाता है। यदि इन दोनों की लागरिथमिक मापक पर अंकित किया जाय तो अपरदन-चक्र की अवस्था सम्बन्धी महत्वपूर्ण जानकारी प्राप्त होती है। ग्राफ पर इनके अंकन में निम्न गणितीय मॉडल बनता है—

$$\bar{\theta g} = a \bar{\theta c}^b$$

$a$  = स्थिरांक (Numerical constant—0.6)

$b$  = घातांक (Exponent—0.8)

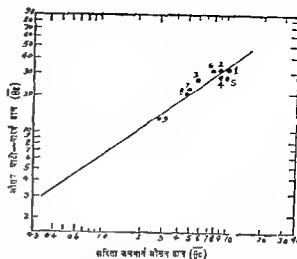
ग्राफ पर 'धनात्मक घातांक फलन के प्रतीपगमन की सीधी रेखा' (Straight line regression of positive slope)—28

(नैनीताल और उसके आस-पास का क्षेत्र)

क्र० सं०	प्रवाह बेसिन	औसत जलमार्ग ढाल $\bar{\theta c}$	औसत घाटी- पाखंड ढाल $\bar{\theta g}$
1	बलुआगाद	9° 51'	32° 30'
2	चाड गाद	6° 26'	28° 27'
3	भीमताल गधेरा	9° 44'	27° 22'
4	डिनोगिया गाद	10° 08'	27° 13'
5	गल्नी गाद	8° 57'	34° 22'
6	घाट गाद	3° 28'	13° 55'
7	नलेता गाद	5° 10'	23° 50'
8	फरका	3° 04'	4° 44'
9	दबका	10° 37'	31° 47'
10	निहाल	5° 38'	22° 34'

(आंकड़ा-सस० भी० खर्कवाल)

exponential function) का निर्माण होता है। यदि कई प्रवाह-बेसिन (विभिन्न भू-वैज्ञानिक संरचना तथा विकास की विभिन्न अवस्था वाली) का तुलनात्मक अध्ययन करना हो तो उनके औसत जलमार्ग ढाल तथा घाटी पाखंड ढाल ( $\bar{\theta c}$  तथा  $\bar{\theta g}$ ) को लागरिथमिक ग्राफ पर अंकित करने प्रतीपगमन रेखा (Regression line) खींची जाती है। यदि कोई क्षेत्र उत्थान से प्रभावित हुआ है तो निश्चय ही नदियाँ अपनी युवावस्था या प्रारम्भिक प्रौढावस्था में होंगी। परिणामस्वरूप जनमार्ग ढाल तथा घाटी-पाखंड ढाल, दोनों तीव्र (Steep) होंगे। लागरिथमिक ग्राफ पर प्रतीपगमन रेखा के सबसे ऊपरी



चित्र 66

सरिता जलमार्ग ढाल ( $\bar{\theta c}$ ) तथा औसत घाटी पाखंड ढाल ( $\bar{\theta g}$ ) में सम्बन्ध। सीधी प्रतीपगमन रेखा (Straight line regression) 1. दबका प्रवाह बेसिन, 2. कलुआ गाद प्रवाह-बेसिन, 3. चाड गाद बेसिन, 4. भीमताल गधेरा बेसिन, 5. डिनोगिया बेसिन, 6. गल्नी गाद बेसिन, 7. नलेता बेसिन, 8. निहाल बेसिन तथा 9. घाट गाद बेसिन (नैनीताल तथा उसके समीपी भाग—हिमालय) आंकड़ा—सस० सी० खर्कवाल, 1970, विश्लेषक—सविन्द्र सिंह, 1972.

भाग में स्थित बिन्दु अपरदन चक्र की तरुणावस्था या प्रारम्भिक प्रौढावस्था के चोटक होते हैं। समय के साथ (अपरदन होने से) ढाल में गिरावट आने लगती है। प्रतीपगमन रेखा के निचले भाग में स्थित बिन्दु अन्तिम प्रौढावस्था तथा जीर्णवस्था के परिचायक होते हैं। सागर-तल में बराबर अपरदन होने की स्थिति को लागरिथमिक मापक के ग्राफ पर प्रदर्शित नहीं किया जा सकता है क्योंकि इस ग्राफ पर शून्य नहीं होता है।

चित्र 66 में लागरिथमिक ग्राफ पर हिमालय के नैनीताल एंव उसके समीपी भाग की कुछ प्रवाह-बेसिन के औसत जनमार्ग ढाल ( $\bar{\theta c}$ ) तथा घाटी पाखंड ढाल ( $\bar{\theta g}$ ) को अंकित किया गया है (आंकड़ा-सस० सी० खर्कवाल 1970)। इन क्षेत्रों में अपरदन चक्र अपने विकास को प्रारम्भिक प्रौढावस्था की ओर अग्रसर है।

प्रवाह बेसिन का प्रतिशत उच्चतादर्शांक वक्र (Percentage Hypsometric Curves) भी उस क्षेत्र के अपरदन-स्थिति, मुख्य रूप से अपरदन की अवस्था के

अध्ययन में सहायता प्रदान करते हैं। चित्र 38 स में निमित्त प्रतिशत उच्चतादर्शी वक्र चित्र 37 के घ्रातल को प्रदर्शित करता है। यह वक्र उस स्थान के स्वरूपों के विकास की प्रौढ़ावस्था की अन्तिम तथा जीर्णवस्था की प्रारम्भिक अवस्था का संकेतक है। प्रवाह-वेगिन के उच्चावच्च के अध्ययन में उच्चावच्च-अनुपात (Relief Ratio) का भी सहारा लिया जाता है। प्रवाह-वेगिन के पूर्ण उच्चावच्च (Total Relief) तथा प्रधान सरिता के समानान्तर वेगिन की अधिकतम भ्रम्बाई के अनुपात को उच्चावच्च अनुपात कहा जाता है। इस तरह उच्चावच्च अनुपात, वास्तव में, प्रवाह-वेगिन की ऊँचाई-तम्बाई का अनुपात होता है। उच्चावच्च अनुपात और जलमार्ग

ढाल प्रवणता (Channel gradient) में प्रायः सीधा सम्बन्ध होता है —“जितना ही उच्चावच्च अनुपात कम होता है उतनी ही औसत जलमार्ग ढाल प्रवणता कम होती है”—Lower the relief ratio, lower the mean channel gradient of main valley and vice-versa.

यद्यपि प्रवाह-वेगिन के आकारमितीय अध्ययन में और कई विषयों का गणितीय अध्ययन किया जाता है परन्तु स्थानाभाव के कारण उनका उल्लेख यहाँ पर नहीं किया जा रहा है। विशेष अध्ययन के लिए ‘नेशनल ज्याग्रफर’ में प्रकाशित सविन्द्र मिह के लेखों को देखें।



# पृथ्वी की आन्तरिक संरचना

(Constitution of The Earth's Interior)

**सामान्य परिचय**—पृथ्वी के आन्तरिक भाग की वास्तविक स्थिति तथा उनकी वनावट के विषय में सही ज्ञान प्राप्त करना असम्भव नहीं तो कठिन कार्य अवश्य है क्योंकि पृथ्वी का आन्तरिक भाग मानव के लिए दृश्य नहीं है। यद्यपि पृथ्वी का आन्तरिक भाग भूगोल के अध्ययन के क्षेत्र में बाहर है तथापि इनका अध्ययन हमलिये आवश्यक हो जाता है कि पृथ्वी की सतह की रूपरेखा, जो कि भूगोल का प्रधान विषय है का स्वभाव भूगर्भ के अनुसार ही निश्चित होता है। भूगर्भ की जानकारी प्राप्त करने के निम्न छनन प्रयास किये गये हैं और वर्तमान समय में भी प्रयास जारी है। अब तक लगभग सभी भूगर्भवेत्ता इस बात पर एकमत थे कि प्रायद्वीपीय भारत जो कि प्राचीनतम चट्टानों के बने गोंडवानालैण्ड का ही एक भाग है, स्थिर भूखण्ड है तथा इसमें सन्तुलन पूर्णतया स्थापित हो चुका है। इस क्षेत्र में बड़े पैमाने पर भूगर्भिक हलचल नहीं होनी चाहिए। परन्तु प्रायद्वीपीय भारत व पश्चिमी भाग में महाराष्ट्र के सतारा जिले के कोयना नगर में 11 दिसम्बर सन् 1967 ई. के भूकम्प भूचम्प ने, जिसने समस्त पश्चिमी पठार को हँसा दिया, इस बात में मन्देह पैदा कर दिया है कि पठारी भाग एक दृढ़ भूखण्ड है। कहने का तात्पर्य यह है कि पृथ्वी की आन्तरिक संरचना के विषय में सही जानकारी नहीं प्राप्त की जा सकी है। भूकम्प विज्ञान (Seismology) में कुछ विश्वमनीय बातें अवश्य ज्ञात हो जाती हैं। पृथ्वी की आन्तरिक संरचना के विषय में जानकारी देने वाले साधनों को तीन वर्गों में विभाजित किया जाता है—

## 1. अप्राकृतिक साधन (Artificial Source)

(1) घनत्व (Density)

(2) दबाव (Pressure)

(3) तापक्रम (Temperature)

## 2. पृथ्वी की उत्पत्ति में सम्बन्धित सिद्धान्तों के साधन (Evidences from the theories of the origin of the Earth)

## 3. प्राकृतिक साधन (Natural Source)

(1) ज्वालामुखी-उद्गार (Volcanic Eruption)

(2) भूकम्प विज्ञान (Seismology)

## 1. अप्राकृतिक साधन (Artificial Source)

(1) घनत्व—पृथ्वी की औसत घनत्व, दबाव तथा भीतर की ओर बढ़ते हुए तापक्रम के आधार पर पृथ्वी की आन्तरिक संरचना के विषय में कई निष्कर्ष निकाले जा सकते हैं। यह बताया जाता है कि पृथ्वी का ऊपरी भाग परतदार शैल का बना है जिसकी औसत मोटाई लगभग 1000 मील के लगभग है। कहीं-कहीं पर यह मोटाई कई मील तक भी है। इस परतदार सतह के नीचे पृथ्वी के चारों ओर खरेदार अथवा स्फटिकीय शैल (Crystalline Rocks) की एक दूसरी परत है (क्रिस्टल, बेसाल्ट तथा पेरिडोटाइट आदि)। इस चट्टानी परत का घनत्व कहीं पर 3.00 है तो कहीं पर 3.5 है। परन्तु समस्त पृथ्वी का औसत घनत्व 5.5 के लगभग है। इस आधार पर यह निष्कर्ष निकलता है कि पृथ्वी के अन्तरतम (Core) का औसत घनत्व 5.5 से अधिक होगा। साधारण तौर पर यह घनत्व 11 माना जाता है, जो जल में 7 या 8 गुना भारी है। इस प्रकार यह प्रमाणित होता है कि 1—पृथ्वी के अन्तरतम का घनत्व सर्वाधिक है।

(2) दबाव—अब समस्या उठती है कि अन्तरतम का यह अधिक घनत्व किस प्रकार सम्भव है। प्रारम्भ में यह कल्पना की गई थी कि ऊपर में अन्तरतम (Core) की ओर जाने पर चट्टानों का भार बढ़ता जाता है, अतः पृथ्वी के अन्तरतम का अधिक घनत्व बढ़ते दबाव के कारण है क्योंकि बढ़ते हुए दबाव के माप चट्टान का घनत्व भी बढ़ जाता है। इस तरह यह प्रमाणित होता है कि 2—पृथ्वी के अन्तरतम का अत्यधिक घनत्व वहाँ पर स्थित अत्यधिक दबाव के कारण है। परन्तु आधुनिक प्रयोगों द्वारा यह प्रमाणित कर दिया गया है कि प्रत्येक शैल में एक ऐसी सीमा होती है जिसके आगे उसका घनत्व अधिक नहीं हो सकता, उसका दबाव चाहे कितना भी अधिक क्यों न कर दिया जाय। इस आधार पर यह कहा जा सकता है कि यदि पृथ्वी के अन्तरतम का घनत्व अधिक दबाव के कारण नहीं है तो 3—बह (Core) स्वयं घातु का बना है जिसके पराष्ण स्वयं अधिक घनत्व वाले तथा भारी है। अनेक प्रयोगों तथा पर्यवेक्षणों के आधार पर यह मान लिया गया है

कि पृथ्वी का अन्तरतम निम्न तथा लोहे के मिश्रण का बना है। यह तथ्य पृथ्वी की चुम्बकीय दशा को भी प्रमाणित करता है क्योंकि मोहो तथा निकल प्रधान चुम्बकीय पदार्थ हैं। इस धातु-निर्मित अन्तरतम के चारों ओर एक दूसरी शैल की परत है जिसका कम से कम ऊपरी भाग खेदार जैंगों का अवश्य देना है।

(3) तापक्रम—सामान्य रूप से यह विदित है कि (bore holes तथा mines में उपलब्ध विवरणों के आधार पर) पृथ्वी की बाह्य सतह से नीचे की ओर गहराई में जाने पर औसत रूप से तापमान प्रति 100 मीटर पर  $2^{\circ}$  या  $3^{\circ}$  सेण्टीग्रेड की दर से बढ़ता है। परन्तु 8 किमी. में अधिक गहराई पर जाने पर तापमान की वास्तविक वृद्धि दर का पता जमाना कठिन हो जाता है। वैज्ञानिक परीक्षणों के आधार पर महाद्वीपीय क्रस्ट में तापमान की वृद्धि दर का पंक्तिबद्ध भूतल प्राक (geotherms graphs) के आधार पर किया गया है। इस विधि से प्राप्त विवरणों के आधार पर यह साधारणोक्ति (generalisation) किया गया है कि (i) विवर्तनिक रूप से सक्रिय (tectonically active) क्षेत्रों में (यथा—समुद्र तटस्थ अमेरिका का Basin and Range Province) सतह से 40 किमी. की गहराई पर तापमान  $1000^{\circ}$  से. रहता है जबकि विवर्तनिक रूप से स्थिर प्रदेशों में 40 किमी. की गहराई पर तापमान  $500^{\circ}$  से. ही रहता है। इस विवरण से महाद्वीपीय क्रस्ट के व्यवहार के विषय में महत्वपूर्ण ज्ञान प्राप्त होता है। विवर्तनिक रूप से सक्रिय क्षेत्र में क्रस्ट में 40 किमी. की गहराई पर  $1000^{\circ}$  से. तापमान गभीर क्रस्ट और मैग्मल को शैलो घासकर वेसाल्ट तथा गैरिडोटाइट के प्रारम्भिक गलनाक (initial melting) के करीब है। इस तरह क्रस्ट के गर्म क्षेत्र में विवर्तनिक घटना तथा ज्वालामुखी क्रिया तथा गलनाक के करीब तापमान में गहरा सम्बन्ध स्थापित होता है तथा अपेक्षाकृत कम तापमान क्षेत्र दीर्घकालीन भूगर्भीक (विवर्तनिक) स्थिरता से सम्बन्धित है।

महासागरीय क्रस्ट में उमड़ते मैग्मा के उच्च तापमान के शीतलन से तापमान प्रभावित होता है। महासागरीय में जल की तली में तथा उसके नीचे क्रस्ट के ऊपरी भाग अर्थात् मैग्मा पट्ट (magma slab) के ऊपरी भाग में  $0^{\circ}$  से. तापमान का अनुमान लगाया जाता है जबकि मैग्मा पट्ट के निचले भाग में (जिसका सम्पर्क नीचे स्थित आग्नि रूप से पिघले दुर्बलता

मण्डल—asthenosphere से होता है) तापमान  $1200^{\circ}$  से. रहता है जो गलनाक के करीब है। यदि गहराई के साथ तापमान की सामान्य वृद्धि दर का आकलन किया जाय तो  $2900$  किमी. की गहराई पर  $25,000^{\circ}$  से. तापमान होना चाहिए परन्तु ऐसी स्थिति में पृथ्वी का अधिकांश भाग पिघल गया होता। परन्तु ऐसा है नहीं। इससे एक तथ्य सामने उभर कर आता है कि अधिकांश रेडियो सक्रिय तत्व पृथ्वी की सबसे ऊपरी परत में ही केन्द्रित हैं जिनके द्वारा अत्यधिक ऊष्मा जनित होती है। इससे प्रकट होता है कि तापमान में गहराई के साथ तापमान-वृद्धि की दर घटती जाती है। पृथ्वी के आन्तरिक भाग में तापमान की स्थिति में विषय में निम्न तथ्य प्रस्तुत किये जा सकते हैं—

(i) दुर्बलता-मण्डल (asthenosphere) आग्नि रूप में द्रवित या गलित (molten) है। 100 किमी. की गहराई पर तापमान लगभग  $1100^{\circ}$  से  $1200^{\circ}$  से. है जो प्रारम्भिक गलनाक के करीब है।

(ii) 400 किमी. की गहराई पर  $1500^{\circ}$  से. तथा 700 किमी. की गहराई पर  $1900^{\circ}$  से. तापमान का आकलन किया गया है।

(iii) मैग्मल तथा बाह्य गलित अन्तरतम की सीमा अर्थात् 2900 किमी. की गहराई पर  $3700^{\circ}$  से. तापमान का अनुमान है।

(iv) बाह्य गलित अन्तरतम तथा ठोस आन्तरिक अन्तरतम की सीमा अर्थात् 5100 किमी. की गहराई पर तापमान  $4300^{\circ}$  से. है।

पृथ्वी में ऊष्मा का जनन तथा स्थानान्तरण—पृथ्वी के आन्तरिक भाग में ऊष्मा का जनन मुख्य रूप से रेडियो सक्रिय पदार्थों तथा गुरुत्व बल के तापीय ऊर्जा में परिवर्तन से होता है। यह विश्वास किया जाता है कि लगभग 4.7 बिलियन वर्ष पूर्व पृथ्वी के आन्तरिक भाग का प्रारम्भिक तापमान लगभग  $1000^{\circ}$  से. (ग्रहीय सम्बर्द्धन—planetary accretion तथा रदोप्य सम्पीडन—adiabatic compression—की प्रक्रियाओं द्वारा जनित) रहा होगा। आगे चलकर रेडियो सक्रिय पदार्थों द्वारा पृथ्वी के आन्तरिक भाग की ऊष्मा में वृद्धि प्रारम्भ हुई। लगभग 4.0 या 4.5 बिलियन वर्ष पूर्व पृथ्वी के अन्तरतम (Core) तथा मैग्मल का अलग-अलग हुआ होगा जबकि लोहे का तापमान बढ़ कर गलनाक की प्राप्त हुआ। इस तरह गलित लोहे के अन्तरतम में

डूबने के कारण  $2 \times 10^{37}$  अर्ग\* गुरुत्व बल ऊष्मा के रूप में मुक्त हुई होगी जिसके कारण पृथ्वी के अन्दर पदार्थों का बड़े पैमाने पर पिघलाव (Melting) तथा पुनर्गठन होने से विभिन्न मण्डलों—अन्तरतम, मैण्टिल तथा क्रस्ट—का निर्माण हुआ होगा।

पृथ्वी के बाह्य मण्डल अर्थात् क्रस्ट में प्रमुख चट्टानें ग्रेनाइट, बेसाल्ट तथा पेरिडोटाइट हैं जिनमें रेडियो सक्रिय पदार्थ यथा यूरेनियम, थोरियम, पोटैशियम आदि, सर्वाधिक मात्रा में हैं। ग्रेनाइट में ये पदार्थ सबसे अधिक होते हैं (यूरेनियम = 4 ppm, थोरियम = 13 ppm तथा पोटैशियम = 4 ppm)। इनके विघटन से ऊष्मा जनित होती है। इस प्रक्रिया से ग्रेनाइट के प्रत्येक ग्राम से 300 अर्ग प्रति वर्ष तापीय ऊर्जा उत्पन्न होती है। यदि पृथ्वी के बाह्य मण्डल में ग्रेनाइट की 20 किमी० मोटी गोलाकार कोपिका (spherical cell) की कल्पना की जाय तो उक्त प्रक्रिया से जनित कुल तापीय ऊर्जा  $10^{28}$  अर्ग होगी। इस तरह स्पष्ट है कि महा-द्वीपीय भागों में जो ऊष्मा बाहर की ओर प्रवाहित होती है उसका जनन ग्रेनाइट सतह के रेडियो सक्रिय पदार्थों से होता है परन्तु सागरीय नितल से प्रवाहित होने वाली ऊष्मा का जनन और अधिक रफ्तार से होता है क्योंकि महासागरीय क्रस्ट में ग्रेनाइट नहीं होती है।

पृथ्वी के आन्तरिक भाग से ऊष्मा का प्रवाह बाहर की ओर होता है। स्मरणीय है कि ठोस भाग में ऊष्मा की ऊर्जा एटम के कंपन (vibration of atoms) के रूप में होती है। गैल ऊष्मा की अच्छी चालक (poor conductor of heat) नहीं होती है। मात्र 10 मीटर मोटी शैल परत में ऊष्मा के स्थानान्तरण में 3 वर्ष का समय लगता है। इसी तरह 100 मीटर मोटे सावा प्रवाह की शीतल होने में 300 वर्ष लगते हैं। 400 किमी० मोटी शैल कोपिका के निचले भाग से ऊपरी भाग में ऊष्मा के प्रवाह के लिए 5 बिलियन वर्ष लगेंगे। यदि पृथ्वी का शीतलन केवल संचालन (conduction) विधि से होना रहा होता तो 400 किमी० से अधिक गहराई में ऊष्मा आज तक सतह पर नहीं पहुँच पायी होती।

पृथ्वी के आन्तरिक भाग से बाहर की ओर ऊष्मा का स्थानान्तरण विकिरण विधि से भी अच्छी तरह नहीं हो सकता क्योंकि पृथ्वी के आन्तरिक भाग के अधिकांश खनिज अपेक्षाकृत अपारदर्शी (opaque) होते हैं। ऐसे

पदार्थों में विकिरण द्वारा ऊष्मा का ह्रास या प्रवाह अच्छी तरह नहीं हो सकता। ऊष्मा स्थानान्तरण की तीव्रता सम्भावना संचालन की प्रक्रिया हो सकती है। परन्तु संचालन प्रायः तरल में ही उत्पन्न होती है। पृथ्वी के क्रस्ट के ठोस प्राारूप को देखकर संचालन की प्रक्रिया मदिर्य लगती है परन्तु प्लेट विवर्तनिकी (plate tectonics) सिद्धान्त के प्रकाश में आने से सागर-नितल के प्रसरण (sea floor spreading) का सत्यापन हो गया है। इस सिद्धान्त के तहत मध्य महासागरीय कटक के सहारे गर्म पदार्थ (मैग्मा) ऊपर उठता है तथा कटक के दोनों ओर नये स्थल का निर्माण करता है, शीतल होने पर ठोस होकर कटक से दूर खिसकता जाता है तथा पुनः (विनाशालमक प्लेट किनारे के सहारे, देखिये अध्याय 8) नीचे डूब कर मैण्टिल में आत्मसात हो जाता है। यह इस प्रकार पदार्थों का संचालनीय परिवहन (convective transport) है जिसके अन्तर्गत पृथ्वी के आन्तरिक भाग में ऊष्मा पदार्थों के साथ सतह तक पहुँचती है।

पृथ्वी की सतह पर दो स्रोतों से ऊष्मा पहुँचती है—पृथ्वी के आन्तरिक भाग से तथा सूर्य से। अन्ततः दोनों स्रोतों से प्राप्त ऊष्मा का पृथ्वी की सतह से अंतरिक्ष में विकिरण हो जाता है। सूर्य से प्राप्त ऊष्मा से वायुमण्डल एवं जलमण्डल का संचालन होता है जिससे अनाच्छादनमक प्रक्रिया का प्रादुर्भाव होता है जबकि पृथ्वी की आन्तरिक ऊष्मा द्वारा भूतल पर रचनात्मक कार्य (पर्वत, पठार, ज्वालामुखी, भूकम्प आदि) होते हैं।

'In a real sense, the Earth's internal heat engine builds mountains and its external heat engine, the sun, destroys them.,—F. Press and R. Siever, 1974 (Earth).

(2) पृथ्वी की उत्पत्ति से सम्बन्धित सिद्धान्तों का साक्ष्य—विभिन्न विद्वानों ने पृथ्वी की उत्पत्ति की समस्या के निदान के लिए उसके मूल रूप को ठोस, वायुय अथवा तरल भाग माना है। "ग्रहाणु परिकल्पना" (Planetesimal Hypothesis) के अनुसार पृथ्वी का निर्माण ठोस ग्रहाणुओं के एकत्रीकरण के कारण माना गया है। इन आधार पर पृथ्वी का अन्तरतम ठोस अवस्था में होना चाहिए। "ज्वारीय परिकल्पना" (Tidal Hypothesis) के अनुसार यदि पृथ्वी का निर्माण सूर्य से निस्सृत ज्वारीय पदार्थ से हुआ तो पृथ्वी

\* एक कैलोरी =  $4.8 \times 10^7$  अर्ग (erg)

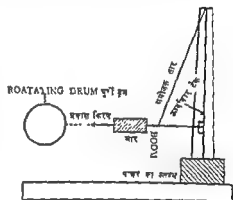
का अन्तरतम तरल अवस्था में होना चाहिए। लाप्लास महोदय, जो कि "वायव्य मीहारिका परिकल्पना", के प्रतिपादक हैं, भी पृथ्वी के अन्तरतम को तरल मानते हैं। यदि यह तथ्य मान लिया जाय तो अनेक कठिनाइयाँ उपस्थित हो सकती हैं। "निहारिका परिकल्पना" (Nabular Hypothesis) के अनुसार पृथ्वी की उत्पत्ति गैस से बनी मीहारिका से सानी जाती है। इस आधार पर पृथ्वी का अन्तरतम वायव्य अवस्था में होना चाहिए, जैसे लाप्लास अन्तरतम को तरल मानते हैं। जोएपरीज (Zoeppritz) तथा रिटर (Ritter) नामक विद्वानों ने भी पृथ्वी के अन्तरतम (Core) को गैस का बना हुआ माना है। परन्तु यह मत अत्यधिक भ्रामक है। केवल दो सम्भावनाएँ हो सकती हैं या तो अन्तरतम ठोस हो सकता है या तरल। इसका निराकरण आगे किया जायेगा।

### 3 प्राकृतिक साधन (Natural Source)

1 ज्वालामुखी क्रिया—ज्वालामुखी के उद्गार के समय पृथ्वी के आन्तरिक तथा ऊपरी भाग में गर्म तथा तरल लावा का विस्तार हो जाता है। इस आधार पर कुछ विद्वानों का यह विश्वास है कि पृथ्वी को गहराई में कम से कम एक ऐसी परत अवश्य है जो कि सदैव तरल अवस्था में रहती है। इसी को मैग्मा-कमर् (Magma Chamber) बताया गया है, जहाँ से ज्वालामुखी के उद्गार के समय तरल एवं तप्त मैग्मा पृथ्वी के ऊपर प्रकट होता है। इस आधार पर पृथ्वी का कुछ भाग तरल अवश्य होना चाहिए। परन्तु जैसा कि ऊपर बताया जा चुका है कि आन्तरिक भाग में अत्यधिक दबाव चट्टानों को पिघली अवस्था में नहीं रहने देगा। इस प्रकार आन्तरिक भाग ठोस होगा कि तरल। हा यह सम्भव हो सकता है कि पृथ्वी के ऊपरी भाग पर दबाव आदि के पड़ने से चट्टान का दबाव कम हो जाता है, जिससे चट्टान का द्रवणांक-बिन्दु गिर जाता है, जिस कारण चट्टान वहाँ पर वर्तमान अधिक ताप के कारण पिघल कर ज्वालामुखी के रूप में प्रकट हो जाती है। इस तरह ज्वालामुखी के उद्गार से भी पृथ्वी के अन्तःकरण की बनावट के विषय में कोई निश्चिन्त तथ्य नहीं निकल पाता है।

2 भूकम्प विज्ञान (Seismology)—भूकम्प की घटना प्रायः धरातल के नीचे घटित होती है परन्तु प्रत्येक भूकम्प समान गहराई पर उत्पन्न नहीं होते हैं। जिस स्थान पर घटना प्रारम्भ होती है उस स्थान को

भूकम्प का उत्पत्ति केन्द्र अथवा भूकम्प मूल (Seismic focus) कहते हैं। भूगर्भ में स्थित यह वह स्थान होता है जहाँ से भूकम्प से उत्पन्न लहरें प्रसारित होती हैं। प्रत्येक भूकम्प से, चाहे मामान्य हो अथवा तीव्र हो, लहरें (यद्यपि उनकी तीव्रता में अन्तर हो सकता है) प्रसारित होती हैं। इस प्रकार की लहरों को भूकम्पीय लहर (Seismic waves) कहते हैं। विभिन्न प्रकार के भूकम्प मूल विभिन्न गहराई वाले हुआ करते हैं। गटेन-बर्ग तथा रिटर के अनुसार साधारण तौर पर सामान्य भूकम्प का मूल केन्द्र (Focus) 0 से 50 किलोमीटर, मध्य-वर्षीय भूकम्प का 250 किलोमीटर तथा प्लूटानिक भूकम्पों का भूकम्प मूल 250 से 700 किलोमीटर तक हुआ करता है। परन्तु अध्रमूलक भूकम्पों का भूकम्प मूल धरातल में कम गहराई पर होता है। विहार के 1934 ई० (15 जनवरी) के भूकम्प तथा आसाम के 1950 ई०



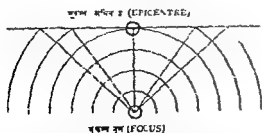
चित्र 67—भूकम्पलेखी (Seismograph)

(15 अगस्त) के भूकम्पों, जो कि अध्रमूलक-भूकम्प के उदाहरण हैं, का भूकम्प मूल धरातल में थोड़ी ही दूरी पर था।

भूकम्प-मूल के ठीक ऊपर धरातल पर भूकम्प का केन्द्र होता है जहाँ पर भूकम्पीय लहरों का शान सर्वप्रथम होता है। इस स्थान को भूकम्प केन्द्र अथवा अधिकेंद्र (Epicentre) के नाम से सम्बोधित करते हैं। यह अधिकेंद्र सर्वदैव भूकम्प मूल के ठीक ऊपर समकोण पर स्थित होता है तथा भूकम्प से प्रभावित क्षेत्रों में यह भाग भूकम्प मूल के सबसे नजदीक होता है। भूकम्प-अधिकेंद्र पर ऐसे यन्त्र लगे होते हैं जिनके द्वारा भूकम्पीय लहरों का अन्वेषण किया जाता है। इस यन्त्र को भूकम्प लेखन यन्त्र अथवा सीस्मोग्राफ कहते हैं। भूकम्प-विज्ञान

अथवा सीस्मोलॉजी (Seismology) वह विज्ञान अथवा विषय है जिसमें सीस्मोग्राफ द्वारा अंकित लहरों का अध्ययन किया जाता है। सीस्मोग्राफ की सहायता से भूकम्पीय लहरों की गति तथा उनकी उत्पत्ति स्थान एवं प्रभावित क्षेत्रों के विषय में जानकारी प्राप्त की जाती है। भारत में पूना, चम्बई, देहरादून, दिल्ली तथा कलकत्ता में भूकम्प नेत्रों की स्थापना की की गयी है।

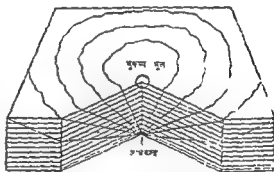
भूकम्प का अधिकेन्द्र ही ऐसा स्थान होता है जहाँ पर भूकम्पीय लहरों का प्रभाव सर्वप्रथम होता है। इस कारण अधिकेन्द्र अन्य क्षेत्रों की अपेक्षा सबसे अधिक प्रभावित होता है क्योंकि यहाँ पर लहरों की तीव्रता सर्वाधिक होती है। जैसे-जैसे अधिकेन्द्र से दूर होते जाते हैं, इन लहरों की तीव्रता तथा क्षतिकारि प्रभाव कम होता जाता है। लहरें अधिकेन्द्र पर पहुँच जाने के बाद उस केन्द्र के चारों तरफ प्रसारित होने लगती हैं। इन लहरों का मार्ग प्रायः वृत्ताकार या अण्डाकार होता है। भूकम्पीय लहरों द्वारा उत्पन्न समान आघात-क्षेत्रों (Places of equal intensity—(आघात क्षेत्रों का निर्धारण विभिन्न क्षेत्रों पर होने वाली क्षति की मात्रा के अनुसार किया जाता है) को मिलने वाली रेखाओं को भूकम्प समघात रेखाएँ (Isoseismal lines) कहते हैं। इन समघात-रेखाओं का पथ अधिकेन्द्र के ऊपर आघात-रिक्त होता है। यदि अधिकेन्द्र एक बिन्दु होता तो वहाँ से उत्पन्न समघात रेखाएँ वृत्ताकार होतीं, परन्तु वास्तव में ऐसा होता नहीं है। अधिकेन्द्र एक बिन्दु न होकर एक दूर के रूप में या एक लम्बी रेखा के रूप में होता है। अतः समघात रेखाएँ अण्डाकार (Elliptical) होती हैं।



चित्र 68—भूकम्प मूल तथा अधिकेन्द्र की स्थितियाँ

भूकम्पीय लहरें—(Seismic Waves)—जब भूकम्प-मूल में भूकम्प प्राग्भ होता है तो इस केन्द्र से भूकम्पीय लहरें उठने लगती हैं तथा सर्वप्रथम ये भूकम्प-अधिकेन्द्र

पर पहुँचती हैं। यहाँ पर सीस्मोग्राफ द्वारा इनका अंकन कर लिया जाता है। यद्यपि भूकम्पीय लहरों में पर्याप्त जलतर होता है परन्तु अधिकेन्द्र पर पहुँचने पर भी ये लहरें प्रायः साधारण ही होती हैं तथा इनमें विभिन्नता नहीं पायी जाती है। परन्तु अधिकेन्द्र में जब पुनः दूसरे स्थानों की तरफ प्रसारित होती हैं तो इनमें असमान होने लगता है। इनकी दूरी अधिकेन्द्र से जितनी ही अधिक होती जाती है उतनी ही इनकी विभिन्नताएँ स्पष्ट होती जाती हैं। एशिया माइनर के 9 फरवरी 1909 ई० के भूकम्प का लेखन पुलकोबी नामक स्थान पर किया गया जो कि अधिकेन्द्र से 2300 किलोमीटर दूर था। इस भूकम्प की भूकम्पीय लहरों के अंकन तथा अध्ययन के आधार पर यह निष्कर्ष निकाला गया है कि अधिकेन्द्र से दूर प्रत्येक भूकम्प की भूकम्पीय लहरों में प्रायः तीन टापे होते हैं।



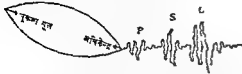
चित्र 69—समघात रेखाएँ (Isoseismal lines) का प्रदर्शन तथा उनका अधिकेन्द्र (Epicentre)।

1. सर्वप्रथम क्षीण कम्पन होती है। कभी-कभी यह कम्पन इतनी कमजोर तथा क्षीण होती है कि सीस्मोग्राफ द्वारा उसका अंकन भी नहीं हो पाता है। इस प्रकार की को कम्पन को प्राथमिक कम्पन (First Preliminary tremor) कहते हैं।

2. प्रथम कम्पन के बाद अचानक तीव्र ही द्वितीय कम्पन होती है। यह प्रथम की अपेक्षा अधिक तीव्र होती है। इसे द्वितीय प्राथमिक कम्पन (Second preliminary tremor) कहते हैं।

3. अन्त में सर्वाधिक तीव्र कम्पन होती है। इसमें कम्पन की गति सबसे अधिक होती है। इससे प्रधान कम्पन (Main tremor) कहते हैं। इन तीन टापों के आधार पर भूकम्पीय लहरों की तीन भागों में विभाजित किया जाता है—देखिये चित्र 70

1. प्राथमिक अथवा प्रधान लहरें (Primary Waves) — प्राथमिक लहरें ध्वनि-तरंगों के समान होती हैं तथा उनमें अणुओं का कंपन लहरों की दिशा में आगे



चित्र 70—भूकम्पीय लहरों द्वारा अनुसरण किया जाने वाला पथ।

या पीछे होना रहता है। इसी कारण हम लहरों को लम्बात्मक लहरें (Longitudinal waves) भी कहते हैं। ये लहरें ध्वनि-लहरों की भाँति जाग-पीछे धक्के देती हुई चलती हैं। चूँकि इन लहरों से दबाव पड़ता है अतः इन्हें दबाव वाली लहर (Compressional waves) कहते हैं। दूसरे शब्दों में इन लहरों का उद्भव चट्टानों के कणों के सम्पीडन (Compression) से होता है। इन सीधी लहरों को अंग्रेजी "P" अक्षर द्वारा सम्बोधित किया जाता है। ये लहरें सबसे अधिक तीव्र होती हैं। इसकी तीव्रता इनके मार्ग में पड़ने वाली चट्टानों में घर्षणता पर निर्भर होती है। सीधी लहरें ठोस भाग से होकर सीधे गति से गुजरती हैं तथा तरल भागों में इनकी गति क्षीण हो जाती है। प्राथमिक लहरों की औसत गति 8 किलोमीटर प्रति सेकण्ड होती है। परन्तु विभिन्न प्रकार की घनत्व वाली चट्टानों में इनकी गति भिन्न-भिन्न होती है। इनकी प्रति सेकण्ड गति 8 से 14 किलोमीटर के बीच होती है। पर्यवेक्षणों के आधार पर पता लगाया गया है कि भूकम्प-अधिकेन्द्र (Epicenter) में प्राथमिक लहरें ठीक 21 मिनट में अपने विपरीत वाले धरातलीय भाग—प्रतिध्रुवस्थ स्थान (Antipodal point) पर पहुँच जाती हैं। ये लहरें पृथ्वी के प्रत्येक भाग में यात्रा करती हैं। चूँकि इनकी गति सबसे अधिक होती है, अतः ये सबसे पहले धरातल पर पहुँचती हैं।

2. आड़ी अथवा अनुप्रस्थ लहरें (Transverse Waves) — ये लहरें जल-तरंग अथवा प्रकाश-तरंग के समान होती हैं। इन्हें आड़ी लहर इसलिए कहते हैं कि इनमें अणुओं की गति लहर के समकोण पर होती है। अर्थात् अणुओं की कम्पन लहरों की दिशा के आर-पार होती है (Particles move at right angles to the

wave)। इन्हें द्वितीय अथवा गौण लहरें (Secondary waves) भी कहते हैं क्योंकि ये प्राथमिक सीधी लहर (P) के बाद प्रकट होती हैं। इनकी गति प्राथमिक लहरों जैसी अपेक्षा कम होती है। इस लहरों की विध्वंसक लहरें (Distortional waves) भी कहते हैं। आड़ी लहरों को अंग्रेजी के "S" अक्षर-से सम्बोधित करने हैं। टांग प्रकार की लहरें तरल पदार्थ से होकर नहीं गुजर पाती हैं। यही कारण है कि आड़ी लहरें मागरीय भागों में रुकने पर लुप्त हो जाती हैं।

3. धरातलीय लहरें (Surface Waves, L-Waves) — धरातलीय लहरें जहाँ धी लहरों की अपेक्षा कम वेगवान होती हैं तथा इनका भ्रमण-पथ पृथ्वी का धरातलीय भाग ही होता है। चूँकि ये लहरें पृथ्वी का पूरा घूर्णन लगाकर अधिकेन्द्र पर पहुँचती हैं, अतः इन्हें P तथा S लहरों की अपेक्षा अधिक लंबा मार्ग तय करना पड़ता है। इसी कारण ये धरातलीय लहरें अधिकेन्द्र पर सबसे बाद में पहुँचती हैं। इन लहरों को लम्बी अवधि वाली लहरें अथवा लम्बी लहरें (Long waves) इसलिए कहा जाता है कि इनका भ्रमण-समय अधिक होता है तथा ये अधिक दूरी तय करता है। इन्हें अंग्रेजी के "L" अक्षर (Long-L) से सम्बोधित किया जाता है। अधिक गहराई पर जाने पर धरातलीय लहरें लुप्त हो जाती हैं। ये लहरें जल से भी होकर गुजर जाती हैं। यही कारण है कि ये सर्वाधिक विनाशकारी होती हैं तथा इनका प्रभाव जल-मय दोमो पर होता है। धरातलीय लहरों की गति 3 किलोमीटर प्रति सेकण्ड होती है।

यदि पृथ्वी की बनावट सर्वत्र समान घनत्व वाले, चट्टानों में हुई होती तो इन तीनों लहरों का वेग सर्वत्र समान होता परन्तु वास्तव में ऐसा नहीं होता है। विभिन्न गहराई पर जाने पर इनकी गति में पर्याप्त अन्तर मिलता है। इसमें बड़ा प्रकट होता है कि पृथ्वी के अन्दर विभिन्न घनत्व वाली शैलें हैं परते पाये जाते हैं। जहाँ पर घनत्व में अन्तर पाया जाता है वहाँ पर भूकम्पीय लहरों के मार्ग में मोड़ अथवा झुकाव पाया जाता है। पर्यवेक्षणों के आधार पर कुछ विद्वानों ने P, S तथा L लहरों की अपेक्षा कुछ और भूकम्पीय लहरों का पता लगाया है। यद्यपि लहरें तो P, S तथा L ही हैं परन्तु इनकी गति में अन्तर होने के कारण अन्य लहर-युग्मों

## 1. अनुदैर्घ्य लहर (Longitudinal wave) :

(Couples of waves) का पता लगाया गया है। वेब ने मिश्रितता के आधार पर इन लहरों को तीन श्रेणियों में विभाजित किया जाता है—

(i) P तथा S लहर—जैसा ऊपर बताया गया है, ये लहरें सबसे अधिक वेगवती होती हैं। ये लहरें पृथ्वी के अन्तरतम (Core) में भी प्रवेश कर जाती हैं तथा जैसे-जैसे ये नीचे की तरफ अग्रसर होती हैं, उनकी गति बढ़ती जाती है। परन्तु तरल भाग में होकर S लहरें नहीं गुजर पाती हैं। पृथ्वी की निचली परत में P लहर की गति 7.8 कि०मीटर प्रति सेकेण्ड तथा S लहर की गति 4.35 कि०मीटर प्रति सेकेण्ड होती है। पृथ्वी के अन्तरतम में 2900 कि०मीटर की गहराई पर P की गति 13 कि०मीटर तथा S की गति 7 कि०मीटर प्रति सेकेण्ड हो जाती है।

(ii) Pg तथा Sg लहर—क्रोशिया की कर्पा घाटी (Kalpa Valley in Croatia) के 1909 के भूकम्प में P तथा S के अलावा दो ऐसी लहरों का पता लगाया गया जो कि सामान्य गुण में तो P-S लहरों के समान थीं परन्तु उनकी गति P-S की अपेक्षा कम थी। इस लहर युग्म का Pg-Sg नामकरण किया गया। ये लहरें मुख्यतः पृथ्वी की उपरी परत से होकर भ्रमण करती हैं। इनमें Pg की गति 5.4 तथा Sg की गति 3.3 कि०मीटर प्रति सेकण्ड होती है।

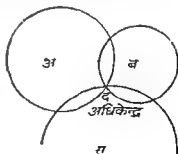
(iii) P\*-S\* लहर—कोनार्ड महाद्वय ने टार्न (Tauern) में 1923 ई० में भूकम्प के अध्ययन से तुनीय लहर का पता लगाया तथा इसका नाम P\* रखा गया। इसकी गति P तथा Pg के बीच की होती है। इस प्रकार P\* लहर पृथ्वी की मध्यवर्ती परत (Intermediate layer) में 6.0 से 7.2 कि०मीटर प्रति सेकेण्ड की गति में भ्रमण करती है। पुन जेर्सी (Jersey) के 1926 तथा हर्फोर्ड (Hereford) के 1926 ई० के भूकम्पों के आधार पर विचलन लहर (Distortional waves) का पता लगाया। इनकी गति S तथा Sg के बीच (Intermediate) थी जो कि पृथ्वी की मध्यवर्ती परत में होकर 3.5 से 4.0 कि०मीटर प्रति सेकेण्ड की गति में यात्रा करती है। इस प्रकार इसका नामकरण S\* किया गया है। यह P\*-S\* लहर युग्म, P-S तथा Pg-Sg के मध्य का है।

इन तीनों विभिन्न लहरों तथा उनकी विभिन्न गतियों द्वारा पृथ्वी की आन्तरिक संरचना के विषय में

विशेष जानकारी प्राप्त होती है। P तथा S लहरों की गति की व्याख्या के बाद कई महत्वपूर्ण निष्कर्ष निकाले जा सकते हैं। इन लहरों की गति के आधार पर अवि-केन्द्र का पता लगाया जा सकता है।

**अधिकेन्द्र का निर्धारण (Determination of Epicentre)**—यदि P तथा S लहरों की गति माप ली जाय (प्रति सेकेण्ड कि०मीटर) तथा भूकम्प लेखन-स्थान (Recording centre) पर दोनों के पहुँचने का मध्यान्तर (Interval) माप ली जाय तो भूकम्प का अधिकेन्द्र मान ली जा सकता है। भूकम्प-तल में उत्पन्न सभी लहरें पहले भूकम्प अधिकेन्द्र पर पहुँचती हैं तथा वहाँ से अन्य स्थानों को प्रसारित होती हैं। उदाहरण के लिए यदि अधिकेन्द्र में P लहर 13 कि०मीटर तथा S लहर 7 कि०मीटर प्रति सेकेण्ड के चान से चलती है तथा लेखन-स्थान (Recording station) पर P लहर S की अपेक्षा 7 मिनट पहले पहुँच जाती है तो साधारण गणित की सहायता से लेखन-स्थान में अधिकेन्द्र की दूरी माप ली जा सकती है। दूरी = 6370 कि०मीटर बिना 72.

इस तरह से तीन लेखन-स्थानों में अधिकेन्द्र की दूरी माप ली जा सकती है तथा प्रत्येक लेखन-केन्द्र में अधिकेन्द्र की दूरी का चाप लेकर वृत्त खींचे जाते हैं। जहाँ पर तीनों वृत्त एक-दूसरे से मिल जाते हैं, वही स्थान स्वाभाविक अधिकेन्द्र होता है। मान लीजिए एक भूकम्प का लेखन अ, ब तथा ग स्थानों पर किया गया। इन तीन स्थानों को वेन्द्र मान-



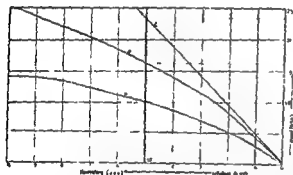
चित्र 71—अधिकेन्द्र (Epicentre) का निर्धारण।

न अधिकेन्द्र की दूरी के बराबर खींचे गये वृत्तों का गिन बिन्दु "द" ही उस भूकम्प का अधिकेन्द्र होगा।

सभी भूकम्पीय लहरों में P लहर सबसे अधिक वेगवान होती है तथा सर्वप्रथम भूकम्प-केन्द्र पर पहुँचती है। S तथा L लहरें क्रम से एक-दूसरे के बाद अग्रि-

की जाती है। यदि अधिकेंद्र से लेखन केन्द्रों की दूरी तथा लहरों के लेखन पर पहुँचने के समय के आधार पर रेखाचित्र तैयार किया जाय तो बात और स्पष्ट हो जाती है। चित्र 72 इस तथ्य को प्रमाणित करता है।

आगे दिये ग्राफ (चित्र 72) में क्षैतिज रेखा के सहारे अधिकेंद्र से दूरियाँ किलोमीटर में प्रदर्शित की गई हैं। ऊर्ध्वाकार रेखा के सहारे लहरों की यात्रा का समय दिया है। P, S तथा L लहरों का ग्राफ विभिन्न स्थानों पर उनके पहुँचने का समय बताता है। उदाहरण के लिए अधिकेंद्र से दूर 5000 किलोमीटर की दूरी पर 'अ' लेखन केन्द्र है। निम्न ग्राफ से यह स्पष्ट है कि उत्पत्ति समय के 10 मिनट बाद ही P लहर 'अ' स्थान पर पहुँच जाती है। S लहर 16 मिनट बाद तथा L लहर 23.5 मिनट बाद पहुँचती है। निम्न ग्राफ में यह भी स्पष्ट है कि P एवं S लहरों की यात्रा के समय का मध्यान्तर (P-S) अधिकेंद्र से दूर जाने पर बढ़ता जाता है। इससे यह भी सिद्ध हो जाता है कि अधिकेंद्र से दूर जाने पर P लहर का वेग बढ़ता जाता।



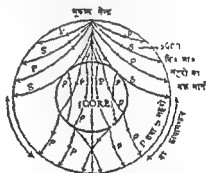
चित्र 72—भूकम्पीय लहरों के अधिकेंद्र पर पहुँचने के समय का निर्धारण।

### भूकम्प विज्ञान तथा पृथ्वी की आन्तरिक संरचना

भूकम्पीय तरंगों की गति तथा भ्रमण-मय के आधार पर पृथ्वी के आन्तरिक भाग के विषय में जानकारी प्राप्त की जा सकती है। भूकम्पीय लहरें प्रायः ठोस भाग में होकर गुजरती हैं तथा एक ही स्वभाव वाले ठोस भाग (Homogeneous Solid) में ये लहरें एक सीधी रेखा में प्रवाहित होती हैं। परन्तु जब उसके (ठोस भाग) विभिन्न भागों के घनत्व में अन्तर होता है तो ये लहरें सीधी रेखा में न चलकर टेढ़े रूप में चलती हैं। इस

आधार पर जगत् पृथ्वी एक ही प्रकार की घनत्व वाली चट्टानों से निर्मित एक ठोस भाग होती तो भूकम्पीय लहरें समान गति में पृथ्वी के कोण तक एक सीधी रेखा में पहुँच जातीं। परन्तु भूकम्प केन्द्रों पर इन लहरों के अंकन से ज्ञात होता है कि ये लहरें एक सीधी रेखा में न चल कर वक्राकार मार्ग का अवलम्बन करती हैं। इस प्रकार यह प्रमाणित होता है कि पृथ्वी के भीतर घनत्व में विभिन्नता है। इस घनत्व की विभिन्नता के कारण लहरें परिवर्तित होकर वक्राकार हो जाती हैं। परिणाम-स्वरूप उनका मार्ग भी वक्राकार हो जाता है। चूंकि आन्तरिक भाग की तरफ घनत्व बढ़ता जाता है अतः कोण में ये लहरें (P तथा S) वक्राकार होकर सतह की तरफ अवतल हो जाती हैं। यह तथ्य चित्र 73 में प्रमाणित हो जाता है।

S लहरों का यह स्वभाव होता है कि वे तरल पदार्थ में होकर नहीं गुजरती हैं। ओल्डहम नामक विद्वान ने 1909 में यह प्रमाणित किया कि भूकम्प केन्द्र में  $120^\circ$



चित्र 73

पृथ्वी के आन्तरिक भाग में भूकम्पीय लहरों का भ्रमण-मय।

की दूरी पर S लहरें नष्ट हो जाती हैं तथा P लहरें काफी दुर्बल हो जाती हैं। यह बात आगे दिये गये चित्र 73 से भी स्पष्ट हो जाती है। पृथ्वी के कारण S लहरों का पूर्णतया अभाव है। इस आधार पर यह प्रमाणित होता है कि पृथ्वी के आन्तरिक भाग में तरल अवस्था में एक कोर (Core) है जो कि 2900 किलोमीटर से अधिक गहराई में केन्द्र के चारों तरफ विस्तृत है (वास्तविक अन्तराक्ष 2900 किमी० से 5150 किमी० की गहराई के बीच)। इस आधार पर विद्वानों ने यह अनुमान लगाया है कि पृथ्वी के कोर का संघटन तथा निम्न तरल अवस्था में होगा।



इतना ही नहीं यदि भूकम्पीय लहरों की गति तथा स्वरूप का अध्ययन किया जाय तो पृथ्वी के जम्हर कई घनत्व-क्षेत्रों (Density zones) का आभास मिलता है। वैज्ञानिक खोजों के आधार पर कुछ लहरों अथवा P & S लहरों की श्रेणियों का अन्वेषण किया गया है। यह प्रमाणित तथ्य है कि जब चट्टानों के घनत्व में अन्तर आता है तभी भूकम्पीय लहरों की गति में अन्तर आता है। गति के आधार पर भूकम्पीय लहरों का तीन युग्म (Three Sets of Waves) बनाया जाता है प्रथम—“P तथा S लहरों का”—इनकी गति सबसे अधिक होती है। द्वितीय—“Pg तथा Sg लहरों का” इनकी गति सबसे कम होती है। तृतीय—“P\* तथा S\* का”—इनकी गति प्रथम दो के मध्य की होती है। इस प्रकार भूकम्पीय लहरों की गति के आधार पर यह प्रमाणित होता है कि उनकी गति में तीन गण्डों पर अन्तर आना चाहिए। अतः पृथ्वी के अन्दर भी तीन जगहों पर घनत्व में अन्तर आना चाहिए। इस आधार पर यह प्रमाणित किया जाता है कि पृथ्वी के अन्दर ऊपर 3 परतदार चट्टान की वतती परत के नीचे तीन विभिन्न परतें पायी जाती हैं जिनके घनत्व में अन्तर पाया जाता है।

1. ऊपरी परत (Upper Layer)—Pg लहर 5.4 किलोमीटर तथा Sg लहर 3.3 किलोमीटर प्रति सेकेंड की गति से पृथ्वी के ऊपरी धरातल में यात्रा करती है। ये लहरें जिन शैलों से होकर गुजरती हैं उनका घनत्व 2.7 होता है। इस आधार पर यह प्रमाणित होता है कि पृथ्वी की ऊपरी परत ग्रेनाइट नामक चट्टान की बनी है। इन दो लहरों से पूर्व Ps, तथा Ss लहरों का अन्तर्गणन किया जाता है जो मूल वेग से ऊपरी भाग में प्रवाहित होती हैं। इससे यह निष्कर्ष निकाला जाता है कि पृथ्वी का सबसे ऊपरी भाग परतदार शैल (Sedimentary Rocks) का बना है।

2. मध्यवर्ती परत (Intermediate Layer)—P\* लहरें 6 से 7 किलोमीटर प्रति सेकेंड तथा S\* लहरें 3 से 4 किमी० प्रति-सेकेंड की गति में पृथ्वी के मध्यवर्ती भाग में प्रवाहित होती हैं। इन लहरों की मध्यमवर्गीय गति के आधार पर यह निष्कर्ष निकलता है कि पृथ्वी में एक मध्यवर्ती परत है जिसका घनत्व 3 (ऊपरी मतलब है अधिक परन्तु निचली परत में कम) है। इस परत की वास्तविक चट्टानों के विषय में विद्वानों में मतभेद है। बेसी तथा जेफरीज के अनुसार मध्यवर्ती परत ग्लासी बेसाल्ट (Glassy Basalt) की है जबकि

वेगनर तथा होम्स इसे एम्फीबोलाइट (Amphibolite) बताते हैं। परन्तु अधिकांश विद्वानों ने अनुमान यह परत बेसाल्ट की ही बनी हुई है। इसकी मोटाई 20 से 30 किलोमीटर बतायी जाती है, यद्यपि यह विवाद का विषय है।

3. निचली परत (Lower Layer)—P तथा S लहरें सबसे अधिक गहराई में प्रवेश करती हैं। इनमें P लहर 7.8 किलोमीटर तथा S लहर 4.5 किलोमीटर प्रति सेकेंड की गति से पृथ्वी के आन्तरिक भाग में प्रवाहित होती हैं। इसके आधार पर पृथ्वी में एक निचली परत का आभास मिलता है। सम्भवतः यह अधिक घनत्व वाली चट्टानों की बनी है। इसका निर्माण डुनाइट (Dunite) अथवा पेरिडोटोइट (Peridotite) से हुआ है। इसकी धरातल से गहराई 2900 किलोमीटर बतायी जाती है।

पृथ्वी का रासायनिक संगठन एवं विभिन्न आवरण (Chemical Constitution & Layering System of the Earth)

1. स्वेस के अनुसार (According to Suess)—स्वेस नामक विद्वान ने पृथ्वी की रासायनिक संरचना के विषय में विशेष प्रकाश डाला है। भूतटन का ऊपरी भाग अवसाद (Sediments) निमित्त परतदार शैलों का बना है जिसकी गहराई तथा घनत्व बहुत कम है। यह परत रवेदार (Crystalline) शैल खासकर सिलिकेट (Silicate) पदार्थों की बनी है जिसमें फेल्स्पार तथा अम्फ्र (Felspar & Mica) आदि खनिजों की बहुतायत होती है। इस परत के भी दो भाग किये गये हैं। प्रथम परत हल्के सिलिकेट पदार्थों की तथा दूसरी परत घने सिलिकेट पदार्थों की बनी है। इस परत के नीचे स्वेस ने तीन परतों की स्थिति मानी है।

(i) सियाल (Sial)—परतदार शैलों के नीचे एक सियाल की परत पायी जाती है, जिसकी रचना ग्रेनाइट चट्टान से हुई है। इस परत की रचना सिलिका (Silica Si) तथा अल्युमिनियम (Aluminium) से हुई है। इसी कारण इस परत को सियाल (Si—Silica + al—aluminium) कहा जाता है। इस परत का औसत घनत्व 2.9 है तथा इसकी औसत गहराई 50 से 300 किलोमीटर है। इसमें नेत्रावी (Acid) पदार्थों की अधिकता होती है तथा पोर्टलैंडियम, मोडियम तथा अल्युमिनियम के सिलिकेट पाये जाते हैं। खासकर महा-दीपीकी रचना इसी सियाल से हुई मानी जाती है।

(ii) सोमा (Sima)—सियाल के नीचे दूसरी परत

सीमा की है। इसकी रचना बेसाल्ट आग्नेय शैली से हुई है। यहाँ से ज्वालामुखी के उद्गार के समय गर्म एवं तरल लावा बाहर आता है। रासायनिक दृष्टिकोण से इसमें सिलिका (Silica) तथा मैग्नेशियम (Magnesium) की प्रधानता होती है। इसी कारण इस परत को (Si—Silica) + Ma—(Magnesium) सीमा कहते हैं। इसका औसत घनत्व 2.9 से 4.7 है तथा इसकी गहराई 1000 से 2000 किलोमीटर तक है। इस सतह में क्षारीय पदार्थों की अधिकता होती है तथा मैग्नेशियम एवं कैल्शियम एवं लोहे के मिश्रित अधिक पाये जाते हैं।

(iii) निफे (Nife)—सीमा की परत के नीचे पृथ्वी की तीसरी तथा अंतिम परत पायी जाती है। इसे



चित्र 74

स्वैस के अनुसार पृथ्वी के आन्तरिक भाग की परतों की अवस्था।

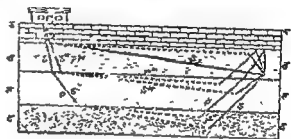
निफे कहते हैं क्योंकि इसकी रचना निकल (Nickel) तथा फेरियम (Ferrum) से मिलकर हुई है। इसी प्रकार यह परत बठोर धातुओं की बनी है जिस कारण इसका घनत्व अधिक (11) है। इसका नामकरण निकल के प्रथम दो अक्षर (Ni) तथा फेरियम के प्रथम दो अक्षर (Fe) की संकेत निफे किया गया है। इसकी व्यास 4300 मील के लगभग है। फेरियम, लोहे का ही एक रूप होता है। इस प्रकार पृथ्वी के आन्तरिक कोर में लोहे की उपस्थिति से यह पता चलता है कि पृथ्वी में एक चुम्बकीय शक्ति है। पृथ्वी की स्थिरता (Rigidity) भी प्रमाणित होती है।

पृथ्वी की विभिन्न परतों की मोटाई तथा गहराई  
(Thickness and Depth of Different Layers of the Earth)

इतना तो निश्चित हो चुका है कि पृथ्वी के विभिन्न भागों में घनत्व एवं ताप होकर भिन्न है तथा पृथ्वी के

अन्दर इस प्रकार विभिन्न घनत्व वाले कुछ मण्डल (Zones) हैं। परन्तु उनकी गहराई तथा उनकी निम्नव्य संख्या के विषय में पर्याप्त मतभेद है। कुछ विद्वान तीन परत मानते हैं तथा कुछ लोग चार परत मानते हैं। परन्तु पृथ्वी के केन्द्र के विषय में मतभेद नहीं है। प्रायः सभी लोग एक ठोस कोर (Core) मानते हैं। इस क्षेत्र में डेली (Daly), होल्म (Holmes), वान डर ग्राफ्ट (Van der Gracht) तथा जेफ्रीज के मत विचारणीय हैं।

1. डेली का मत—डेली महोदय पृथ्वी के अन्दर तीन परत मानते हैं, जिसमें घनत्व की विभिन्नता पायी जाती है।



(जेफ्रीज के आधार पर)

चित्र 75

भूवर्गीय सतहों के आधार पर पृथ्वी की आन्तरिक संरचना।

अ—बाह्य परत (Outer Layer)

ब—मध्यवर्ती परत।

स—मध्यवर्ती परत (Thachylyte or Diorite)

द—निचली परत (Dunite, Peridotite or Ecylogite)

(अ) बाह्य परत (Outer zone)—बाह्य परत का सिलिकेट पदार्थों की बनी है तथा इसका औसत घनत्व 3 है एवं मोटाई 1000 मील (1600 किलोमीटर) है।

(ब) मध्यवर्ती परत (Intermediate zone)—बाह्य परत के नीचे तथा केन्द्रीय भाग के ऊपर मध्यवर्ती परत पायी जाती है। जिसकी रचना लोहे एवं सिलिकेट के मिश्रण से हुई है तथा इसका घनत्व 4.5 से 9 तक है एवं मोटाई 800 मील (1280 किलोमीटर) है।

(स) केन्द्रीय भाग (Central zone)—मध्य परत के नीचे पृथ्वी की अंतिम तथा तीसरी परत केन्द्रीय ठोस भाग के रूप में है जो कि लोहे की बनी है। इसका घनत्व 11.6 एवं व्यास 4400 मील (7040 किलोमीटर) है।

2 जेफरीज का मत—भूतत्पीठ नहरों के अध्ययन के आधार पर जेफरीज ने पृथ्वी में चार पन्नों की स्थिति बतायी है।

(अ) बाह्य अथवा प्रथम परत—यह परतदार शैलों से निर्मित है।

(ब) द्वितीय परत—यह ग्रेनाइट चट्टान की बनी है।

(स) तृतीय अथवा मध्यवर्ती परत—यह थैचोलाइट अथवा थायोलॉइट (Thachylite or diorite) से निर्मित है।

(द) चौथी अथवा निचली परत - इसका निर्माण डूनोइट (Dunite), पेरिडोटाइट (Peridotite) अथवा इकोलाइट (Eclogite) नामक चट्टान से हुआ है। परती का यह रूप चित्र 75 में स्पष्ट हो जाता है।

(3) होम्स का मत—होम्स ने सागरशोषण के लिए पृथ्वी में दो परतें मानी हैं। प्रथम परत को उन्होंने गण्डी (क्रस्ट-Crust—यहाँ पर क्रस्ट को हिन्दी में पपड़ी कहने के बजाय क्रस्ट ही कहना ज्यादा अच्छा लगता है) माना है जिसकी रचना ऊपरी तथा मध्यवर्ती परत को मिलाकर होती है। इसमें सम्पूर्ण सियाल का भाग तथा सीमा का ऊपरी भाग सम्मिलित होता है। दूसरी परत को सबस्ट्रेटम (आन्तरिक आवरण या अधःस्तर-Substratum) माना है। इसका निर्माण सीमा (Sima) के निचले भाग से हुआ है। इस तथ्य को निम्नांकित रूप में प्रकट किया जा सकता है—

सियाल-ऊपरी परत (Sial) }  
सीमा → मध्यवर्ती परत } क्रस्ट (Crust)  
(Sima) → निचली परत → सबस्ट्रेटम (Substratum-अधःस्तर)

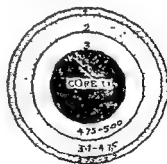
महाद्वीपों के नीचे सियाल की गहराई को विभिन्न साधनों एवं प्रमाणों के आधार पर होम्स ने निम्न रूपों में व्यक्त किया है।

1. तापीय तर्कों द्वारा 20 किलोमीटर तक या कम।
2. धरातलीय नहरों के आधार पर 15 किलोमीटर से अधिक।
3. सञ्चालक अथवा P नहरों के आधार पर 20 तथा 30 किलोमीटर के बीच।
4. सबसे गहरी भूतन्त्रति के घंसाव की गहराई के आधार पर 20 किलोमीटर से अधिक। (वाल्डर ग्राट के अनुसार)

(1) परत	(2) मोटाई	(3) घनत्व
(अ) ऊपरी सियाल क्रस्ट (Outer Sialic Crust)	(1) महाद्वीप के नीचे 60 किलोमीटर के नीचे 20 किमी०	2.75 से 2.9
(ब) आन्तरिक सिलिकेट नया मैग्निट (सीमा) (Inner Silicate & mantle)	(2) आन्ध्र महासागर के नीचे 0 किमी०	
(स) सिलिकेट तथा मिश्रित धातुओं की परत (Zone of mixed metals & Silicate)	(3) प्रजात महासागर के नीचे 0 किमी०	
(द) धातु केन्द्र (Metallic nucleus)	60 से 1140 किलोमीटर	3.1 से 5.75
	1140 से 2900 4 75 से	किमी० 50
	2900 से 6378 किलो० (केन्द्र तक)	11.00

4. वाल्डर ग्राट के अनुसार (Van der Gracht)- वाल्डर ग्राट महोदय ने भी गुटेनबर्ग (Guttenberg) तथा लिंक (Link) के प्रयोग के आधार पर पृथ्वी में चार परतों को मान्यता दी है।

- (1) बाह्य सियाल क्रस्ट।
- (2) आन्तरिक सिलिकेट मैग्निट।



चित्र 76

वाल्डर ग्राट के अनुसार पृथ्वी की आन्तरिक संरचना।

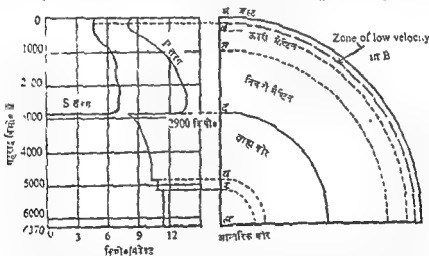
- (3) सिलिकेट तथा मिश्रित धातु परत।
- (4) Core धातु केन्द्र (Metallic Nucleus)

इस प्रकार हम देखते हैं कि पृथ्वी की परतों तथा उनकी गहराई के विषय में पर्याप्त मतभेद है। यहाँ तक

कि एक ही लेखक एक परत विशेष की गहराई विभिन्न माध्यों के आधार पर भिन्न रूपों में देता है जैसे कि होम्स ने किया है। अतः ध्रुव को दूर करने के लिए तथा गुणधर्मों में बचने के लिये पृथ्वी की परतों का एक साधारण रूप प्रस्तुत करना चाहिए। भूकम्प की लहरों के आधार पर पृथ्वी में निम्न तीन मण्डल बताये जा सकते हैं।

(1) **स्थलमण्डल (Lithosphere)**—इसकी गहराई 62 मील अथवा 100 किलोमीटर मानी गई है। इसमें ग्रेनाइट चट्टान की बहुलता है तथा सिलिका एवं अलुमिनियम मुख्य रूप में पाये जाते हैं। इसका घनत्व 5.6 है।

(2) **पाइरोस्फीयर**—इसे मिश्रित मण्डल भी कहते हैं। इसकी गहराई 62 से 1800 मील (2880 किमी.) तक है। इसका निर्माण बेसाल्ट (Basalt) में हुआ है जिसका घनत्व 3.5 है।



चित्र 77—भूतल (क्रस्ट) से पृथ्वी के अन्तरतम तक भूकम्पीय P तथा S लहरों की गति तथा उनके आधार पर पृथ्वी के आन्तरिक भाग के विभिन्न मण्डलों का प्रदर्शन (K. E. Bullen के आधार पर)।

(3) **बैरोस्फीयर (Barysphere)**—इसकी गहराई 1800 मील (2880 किमी.) से नीचे केन्द्र तक है। इस परत का घनत्व 8 से 11 है तथा इसकी रचना लोहे तथा निकल से हुई है।

#### अभिनव मत (Recent Views)

पृथ्वी की आन्तरिक संरचना के विषय से सम्बन्धित उपर्युक्त विवरण अब धूमिल पड़ गये हैं। प्राकृतिक तथा मानवकृत (यमों के विस्फोट—आणविक परीक्षण के दौरान विस्फोट द्वारा) भूकम्पों की लहरों की गति

तथा उनके भ्रमण पथ के वैज्ञानिक अध्ययन एवं विश्लेषण के आधार पर पृथ्वी के आन्तरिक भाग को तीन बृहत् मण्डलों—क्रस्ट, मैण्टल तथा अन्तरतम में विभक्त किया जाता है (चित्र 77)।

भूकम्पीय लहरों की गति में अन्तर के आधार पर इन तीन प्रमुख मण्डलों के उप विभाग किए गये हैं। यह उल्लेखनीय है कि इन मण्डलों का नाम कर ब्रस्ट की गहराई के सम्बन्ध में विद्वानों में मतभेद नहीं है। ब्रस्ट की मोटाई M. J. Bradshaw, A. J. Abbott तथा A. P. Gelsthorpe के अनुसार महाद्वीपों के नीचे 50 किमी. तथा महासागरों के नीचे 5 किमी., International Union of Geodesy and Geophysics के अन्तर्गत शोध परियोजना के परिणामों के अनुसार 30 किमी. तथा अन्य व्यक्तियों के अनुसार 100 किमी. बतायी गई है। भूकम्पीय लहरों की गति में अन्तर के

आधार पर क्रस्ट को भी दो उपविभागों—ऊपरी क्रस्ट तथा निचली क्रस्ट में विभक्त किया जाता है क्योंकि निचली क्रस्ट में P लहर की गति ऊपरी क्रस्ट की अपेक्षा अधिक होती है। ऊपरी क्रस्ट में P लहर की गति 6.1 किमी. प्रति सेकण्ड तथा निचली क्रस्ट में 6.9 किमी. प्रति सेकण्ड होती है। चित्र 77 में P तथा S लहरों की विभिन्न गतियाँ तथा उनमें सम्बन्धित पृथ्वी के विभिन्न मण्डलों को दिखाया गया है।

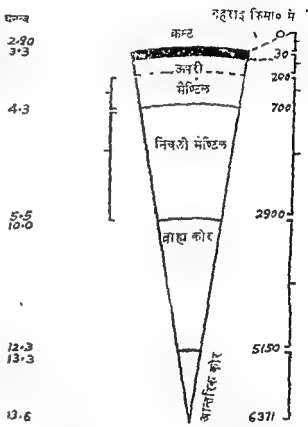
**क्रस्ट (Crust)**—ऊपरी क्रस्ट का घनत्व 2.8 तथा निचली क्रस्ट का 3.00 होता है। प्रारम्भ में इन दोनों उपमण्डलों की संरचना में पर्याप्त अन्तर बनाया गया था

परन्तु आधुनिक विवरणों ने आधार पर दोनों की सम्बन्धामान प्रतीति जाती है। पन्त्य मे अन्तर दबाय के कारण हुआ है। ज़रों क्रस्ट के खनिजों का निर्माण निचनी क्रस्ट के खनिजों के निर्माण की तुलना मे अपर-तन कम दबाय पर सम्पन्न हुआ है।

मैण्टिल (Mantle)—क्रस्ट के निचले आधार पर भूकम्पीय तहरो की गति मे अचानक वृद्धि हो जाती है [निचली क्रस्ट मे  $p$  का 6.9 किमी० प्रति सेकेंड की गति बढ़कर (निचली क्रस्ट के आधार पर) 7.9 किमी० से 8.1 किमी० प्रति सेकेंड हो जाती है। इस तरह निचनी क्रस्ट तथा ऊपरी मैण्टिल के मध्य एक असम्बद्धता (discontinuity) का सूचन होता है जिसको ध्योज सर्वप्रथम A. Mohorovicic द्वारा 1901 मे की गई। अतः इसे मोहोरोविकिक असम्बद्धता या मोहो असम्बद्धता (Moho discontinuity) कहते हैं। मोहो असम्बद्धता मे लगभग 2900 किमी० की गहराई तक मैण्टिल का विस्तार है जिसमे नीचे पृथ्वी का अन्तरतम (Core) प्रारम्भ हो जाता है। मैण्टिल की मोटाई पृथ्वी की समस्त अर्द्धव्यास (6371 किमी०) के आधे से कम है परन्तु पृथ्वी के समस्त आयतन (volume) का 83% तथा द्रव्यमान (mass) का 68% भाग मैण्टिल मे प्राप्त है। प्रारम्भ मे मैण्टिल को दो उपभागों मे विभक्त किया गया था (भूकम्पीय तहरो की गति तथा पन्त्य मे अन्तर के आधार पर)। ऊपरी मैण्टिल मोहो असम्बद्धता मे 1000 किमी० की गहराई तक तथा निचली मैण्टिल—1000 किमी० से 2900 किमी० की गहराई तक परन्तु International Union of Geodesy and Geophysics द्वारा अन्वेषण के विवरणों के आधार पर इसे निम्न भागों मे विभक्त किया जाता है—(1) मोहो असम्बद्धता से 200 किमी० (प्रारम्भिक मतानुसार 400 किमी०) की गहराई का भाग, (2) 200 से 700 किमी० (प्रारम्भिक मतानुसार 400 से 1000 किमी०) की गहराई तक का भाग एवं 3 700 से 2900 किमी० (प्रारम्भिक मतानुसार 1000 से 2900 किमी०) की गहराई तक का भाग (चित्र 78)। ऊपरी मैण्टिल मे 100 से 200 किमी० की गहराई मे भूकम्पीय तहरो की गति मन्द पड़ जाती है (7.8 किमी० प्रति सेकेंड)। इस भाग को निम्न गति का मण्डल (zone of low velocity) कहते हैं।

अन्तरतम (Core)—अन्तरतम का विस्तार 2900

किमी० (मैण्टिल/अन्तरतम सीमा) से पृथ्वी के केन्द्र (6371 किमी०) तक है। मैण्टिल/अन्तरतम सीमा (2900 किमी०) को Gutenberg/Wiechert Discontinuity कहते हैं। इस सीमा या गटेनबर्ग असम्बद्धता के सहारे पन्त्य मे अत्यधिक परिवर्तन (इस सीमा के ऊपर मैण्टिल का घनत्व 5.5 तथा नीचे अन्तर-



78—International Union of Geodesy and Geophysics के शोध विवरणों के आधार पर पृथ्वी के आन्तरिक भाग के विभिन्न मंडलों, उनकी गहराई तथा घनत्व का आरेख द्वारा प्रदर्शन।

तम का घनत्व 10.0) तथा  $p$  तहरे की गति मे अचानक वृद्धि (13.6 किमी० प्रति सेकेंड) होती है। और नीचे जाने पर वह पन्त्य 12 से 13 तथा केन्द्र पर 13.6 हो जाता है। इस तरह अन्तरतम का घनत्व मैण्टिल के पन्त्य से दो गुना से अधिक है परन्तु इसका आयतन समस्त पृथ्वी के आयतन का मात्र 16% तथा समस्त द्रव्यमान (Mass) का 32% ही है।

अन्तरतम को दो उपभागों में विभक्त किया जाता है—  
1 बाह्य अन्तरतम (outer core) तथा 2 आन्तरिक अन्तरतम (inner core)। यह विभाजक सीमा 5150 किमी० की गहराई पर निश्चित की गई है। इस तरह बाह्य अन्तरतम का विस्तार 2900 किमी० से 5150 किमी० की गहराई के बीच है। इस मंडल में भूकम्पीय S लहर प्रविष्ट नहीं हो पाती है, अतः इस मंडल को

तरल अवस्था में होना चाहिए। 5150 से 6371 किमी० की गहराई तक का भाग आन्तरिक अन्तरतम के अन्तर्गत आता है जो ठोस अवस्था में है एवं घनत्व 3.6 है। P लहर की गति 11.23 किमी० प्रति सेकेंड होती है। चित्र 78 में पृथ्वी के आन्तरिक भाग के विभिन्न मंडल, में उनकी गहराई तथा घनत्व को दर्शाया गया है।

## महाद्वीप एव महासागरों की उत्पत्ति

(Origin of the Continents and Ocean Basins)

**सामान्य परिचय—**महाद्वीप एव महासागरों के दो प्रमुख अंग माने जाते हैं तथा पृथ्वी के “प्रथम श्रेणी के उच्चावच” के अन्तर्गत सम्मिलित किये जाते हैं। इनके विस्तार, उत्पत्ति तथा विकास के विषय में अनेक विद्वानोंने अपने-अलग-अलग मत प्रस्तुत किए हैं और उन्हें प्रमाणित करने के लिये समुचित मापों को उपस्थित करने का भरमक प्रयास भी किया है। इन समस्या के निदान के पूर्व ‘जल-धन के वितरण’ तथा ‘महासागरों की तली का स्थायित्व’ नामक दो मूलभूत समस्याओं का निराकरण करना अत्यावश्यक जान पड़ता है।

पृथ्वी के धरातल का लगभग 70.8 प्रतिशत भाग जल और 29.2 प्रतिशत भाग स्थल से आवृत है। परन्तु जल तथा धन का यह वितरण भी समान नहीं है। ग्लोब पर जल-धन के वर्तमान वितरण के निम्नांकित तथ्यों का उल्लेख किया जा सकता है—

(1) उत्तरी गोलार्द्ध में स्थल की प्रधानता है। समस्त स्थल-भाग का 75 प्रतिशत भाग विपुवन रेखा के उत्तर में स्थित है। इसके विपरीत दक्षिणी गोलार्द्ध में जलीय भाग की अधिकता है। यदि पृथ्वी का दो गोलार्द्धों में विभाजित किया जाय और उत्तरी गोलार्द्ध का ध्रुव इंग्लिश चैनल में मान लिया जाय तो उत्तरी गोलार्द्ध स्थल गोलार्द्ध (Land Hemisphere) होगा। इसी

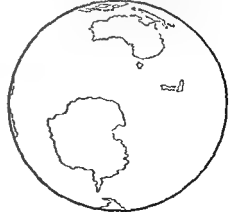
तरह यदि दक्षिणी गोलार्द्ध का ध्रुव न्यूजीलैण्ड के पास हो तो दक्षिणी गोलार्द्ध, जल गोलार्द्ध (Water Hemisphere) होगा। इस प्रकार धन गोलार्द्ध में समस्त पृथ्वी का 83 प्रतिशत स्थलीय-भाग होगा तथा जल गोलार्द्ध में जल का 90.5 प्रतिशत भाग सम्मिलित होगा।

(2) महाद्वीपीय भाग लगभग त्रिभुज के आकार में फैले हैं। इनके आधार उत्तर में आर्कटिक सागर के सहारे हैं तथा उनका शीर्ष (Apex) दक्षिण की ओर है। पश्चिमी गोलार्द्ध में उत्तरी और दक्षिणी अमेरिका समद्विबाहु त्रिभुज के रूप में हैं, जिनका आधार आर्कटिक सागर तथा शीर्ष दक्षिण में कैप हार्न (Cape Horn) में स्थित है। यदि इन दो महाद्वीपों को अलग-अलग रूप में लिया जाय तब भी ये दो त्रिभुज बनेंगे हैं। इसी तरह यूरेशिया भी त्रिभुजों का रूप धारण करते हैं, जिनका आधार उत्तर में अटलांटिक सागर के सहारे और शीर्ष भाग हमेशा उत्तमामा अस्तोप (Cape of Good Hope) तथा तस्मानिया है। अलग-अलग रूप में भी सभी महाद्वीप (आस्ट्रेलिया को छोड़कर) त्रिभुजाकार हैं, जिनके आधार उत्तर में परन्तु शीर्ष दक्षिण में हैं।

(3) मोटे तौर पर महासागर भी त्रिभुजाकार हैं। स्थलभाग के विपरीत महासागरों का आधार दक्षिण में



(अ) स्थल गोलार्द्ध।



(ब) जल गोलार्द्ध।



चित्र 80

महाद्वीपों की विभूजाकार स्थिति ।

और शीर्ष उत्तर में पाये जाते हैं । अन्ध महासागर का आधार केप हार्न एवं उत्तमाणा अन्तरीप के मध्य है तथा शीर्ष भाग ग्रीनलैण्ड के पूर्व में है । हिन्द महासागर का शीर्ष बंगाल की खाड़ी तथा अरब सागर के रूप में है । प्रशान्त महासागर का शीर्ष अस्त्युशियन द्वीप के पास तथा आधार दक्षिण में है ।

(4) उत्तरी ध्रुव के चतुर्दिक् जलभाग का विस्तार है जब कि दक्षिणी ध्रुव के पास स्थल-भाग का विस्तार है ।

(5) धरातल पर जल तथा थल-भाग एक दूसरे के विपरीत स्थित हैं (Antipodal Situation) । धरातल पर 44 6 प्रतिशत में सागर के विपरीत सागर स्थित है तथा केवल 1.4 प्रतिशत में स्थल के विपरीत स्थल मिलते हैं । स्थलीय भागों का लगभग 95 प्रतिशत भाग सागर के विपरीत (पीछे) मिलता है । अपवाद के रूप में पैदागोनिया, उत्तरी चीन के विपरीत स्थित है तथा पुर्तगाल एवं स्पेन के विपरीत ग्यूब्रीलैण्ड की स्थिति है । परन्तु इन अपवादों से उपर्युक्त नियम पर कोई खास अनुर नहीं होता है ।

महाद्वीपों तथा महासागरों की उत्पत्ति में सम्बन्धित किमी भी सिद्धान्त की यथार्थता उपर्युक्त जल-स्थल के वितरण के तथ्यों के आधार पर ही बतायी जा सकती है । प्रशान्त बेसिन (Pacific Basin) तथा प्रशान्त महासागर के द्वीप तोरण (Island Arcs) जटिल समस्या के रूप में हैं, परम्परागत सिद्धान्तों के आधार पर जिनका निराकरण अब तक सम्भव नहीं हो सका है । प्लेट विवर्तन सिद्धान्त के आधार पर इनकी उत्पत्ति की समस्या का निदान हो गया है (देखिये अध्याय 8) । उपर्युक्त जल-स्थल के वितरण की ध्यान में रखकर लोथियन ग्रीन (Lowthian Green) ने अपना चतुष्फलक सिद्धान्त (Tetrahedral Theory) प्रस्तुत किया

है । परन्तु चीन से परे ही सोलास (Sollas) तथा केल्विन (Kelvin) ने अपने मतों का प्रतिपादन किया था । अतः उनके मतों की विवेचना सर्वप्रथम सश्रुत रूपों में की जा रही है ।

1 लार्ड केल्विन का मत (Lord Kelvin's Views) — लार्ड केल्विन के अनुसार पृथ्वी की उत्पत्ति वायव्य कुण्डलाकार नौहारिका (Gaseous Spiral Nebula) से हुई है । इस आधार पर पृथ्वी अपनी प्रारम्भिक अवस्था में वायव्य रूप में थी । आगे चलते सदैव म पृथ्वी गोलत हो गई जिससे इसके बाह्य चट्टानों का तल का निर्माण हुआ । पृथ्वी के गोलत होते समय सन्कुचन के कारण उसका कुछ भाग ऊँचा रह गया और कुछ भाग नीचे की ओर धमक गया । इस प्रकार ऊपर उठा स्थलीय भाग महाद्वीप बना और निचले भाग ने सागर तनी हो जन्म दिया । तदन्तर वायुमण्डलीय जलवाष्प (Atmospheric water vapour) में ये निचले भाग जल-वाष्पित होकर भाग गया तथा वर्तमान महासागरों का निर्माण हुआ ।

सूक्ष्मावलोकन के परिणामों से पारिक्लपना की वर्तमान अवस्था में जन्म ल भी समर्थन प्राप्त नहीं है क्योंकि यह अनवरत वारंवारियों को जन्म देती है ।

(1) इस परिकल्पना — अनुसार महाद्वीप अपने स्थान पर स्थिर हैं । उनकी स्थिति तथा आकार में परिवर्तन नहीं हो सकता है । परन्तु यह तथ्य "महाद्वीपीय प्रवाह सिद्धान्त" के विपरीत है । (2) इस परिकल्पना के अनुसार महाद्वीपों तथा महासागरों का निर्माण एक निश्चित प्रणाली द्वारा हुआ माना गया है । परिणामस्वरूप उनके वितरण तथा स्वरूप में एक रूपाता ऐसी चाहिये । अर्थात् जल तथा थल का दोनो मोलाडों (30 तथा 70) में समान वितरण होना चाहिये । (3) प्राचीन काल में भूगमनितयाँ (Geosynclines) थी जो कि गतिशील बलों (Mobile Forces) द्वारा प्रभावित होकर वलित पर्वतों में बदल गई थी । परन्तु इस परिकल्पना के अनुसार स्थल-भाग अपने स्थान पर स्थिर हैं । अतः भूसन्नति तथा पर्वत-निर्माण की समस्याएँ इस परिकल्पना द्वारा नहीं गुलजायी जा सकती । इस तरह कुल मिलाकर यह परिकल्पना विद्वानों को मान्य नहीं है ।

2 संपर्क एवं लव की परिकल्पना — संपर्क के अनुसार सागर तथा महाद्वीपों की उत्पत्ति का मुख्य कारण पृथ्वी के ऊपरी धरातल पर बड़े पैमाने पर बलन



की क्रिया का होना बताया जा सकता है। लैपवर्थ का अनुसार पृथ्वी से ताप का निरन्तर ह्रास होता गया जिस कारण पृथ्वी की पपड़ी (Crust) में संकुचन प्रारम्भ हो गया। इस संकुचन के कारण भू-पटल पर बलन (Folds) का निर्माण प्रारम्भ हो गया। बलन का ऊपरी भाग (अपनति-Anticline) स्थल भाग बन गया तथा निचला भाग (अभिनति-Syncline) सागर में परिवर्तित हो गया। लैपवर्थ ने महाद्वीपों पर कैसे हुए बलन तथा महासागरों की तैली का अध्ययन करने के बाद उपर्युक्त मत को प्रतिपादन किया है। इसके अनुसार उत्तरी अमेरिका बलन की क्रिया से प्रभावित एक उभरा हुआ अपनतीय भाग (Anticlinal Part) ही है, जिसके दोनों किनारों पर अपनति-भाग (अप्लेगियन तथा राकीज) स्पष्ट रूप में दृष्टिगोचर होते हैं। महाद्वीप का मध्य-वर्ती निचला मैदानी भाग अभिनति के रूप में है। इसी तरह उत्तरी अमेरिका, दक्षिणी अमेरिका एवं यूरोप तथा अफ्रीका के बीच आध्रमहासागर नीचे धँसा हुआ एक अभिनतीय भाग (Synclinal Part) ही है, जिसमें किनारों पर गहरी घाटियाँ और बीच में 'चैलेंजर डाल्फिन रिज' (Challenger Dolphin Ridge) एक उभरा हुआ भाग है। यह परिकल्पना भी शोपरहित नहीं है। यह मान लेना कि केवल सापेक्ष ह्रास तथा संकुचन के कारण बड़े पैमाने पर बलन की क्रिया घटित हुई, न्याय संगत नहीं जान पड़ता है। सागरों तथा स्थलीय भागों पर स्वतन्त्र बलन का बड़े पैमाने पर पाया जाना प्रमाणित नहीं हो पाता है।

सन् 1907 ई० में 'लव' (Love) नामक विद्वान ने लैपवर्थ की उपर्युक्त परिकल्पना में सशोधन प्रस्तुत किया तथा अपने मत की पुष्टि के लिये गणितीय सूत्रों का सहारा लिया। 'लव' के अनुसार विषयी भी बलु का ज्यामितीय केन्द्र (Geometric Centre) गुरुत्व केन्द्र (Gravity Centre) एक ही नहीं हुआ करता। पृथ्वी की केन्द्रीय आकर्षण शक्ति के कारण उसके घराततीय भाग के अनेक स्थानों पर उत्थान (Upliftment) तथा धँसाव (Subsidence) हो गया। धँसे भागों में जल के एकत्रीकरण के फलस्वरूप महासागरों का निर्माण हो गया। ऊँचे उठे हुए भाग महाद्वीप के रूप में परिवर्तित हो गये। लव के अनुसार महाद्वीप, महासागरों के विपरीत दिशा में स्थित हैं अर्थात् सागर के पीछे स्थल तथा स्थल के पीछे सागर मिलते हैं।

3. चतुष्फलक-परिकल्पना (Tetrahedral Hypothesis)—ज्यामिति (Geometry) के आधार पर महाद्वीपों तथा महासागरों की उत्पत्ति की समस्या के निदान के लिए कुछ वैज्ञानिकों ने प्रयास किया है। इनमें 'ईली डी ब्यूमाण्ट' (Elie-de-Beaumont) की 'पैन्टगोनल डोडेकाहेड्रान' (Pantagonal Dodecahedron—dodeka is a Greek word meaning there by twelve) परिकल्पना की इस क्षेत्र में प्रथम प्रयास बताया जाता है। परन्तु ज्यामितीय सिद्धान्तों में 'लोथियन ग्रीन' (Lowthian Green) की "चतुष्फलकीय परिकल्पना" अधिक महत्त्वपूर्ण है। यह परिकल्पना कुछ अवगुणों तथा अशुद्धियों को छोड़कर अधिकांश रूप में सागरों तथा स्थलीय भागों के वर्णमान वितरण तथा उनकी उत्पत्ति के विषय में सही विवरण उपस्थित करती है। ग्रीन ने अपनी इस परिकल्पना का प्रतिपादन सागर तथा स्थल के वर्णमान वितरण को ध्यान में रखते हुए किया। उन्होंने निम्नांकित तथ्यों को अपनी परिकल्पना द्वारा स्पष्ट करने का प्रयास किया है—

(1) उत्तरी गोलार्द्ध में स्थल तथा दक्षिणी गोलार्द्ध में जल की बहुलता।

(2) स्थल तथा जल का त्रिभुज के रूप में पाया जाना।

(3) उत्तरी गोलार्द्ध में उत्तरी ध्रुवीय सागर के चतुर्दिक स्थल-भाग की एक क्रमबद्ध शृंखला या मेखना पायी जाती है, जबकि उत्तरी ध्रुव जल से घिरा है। इसके विपरीत दक्षिणी गोलार्द्ध में दक्षिणी ध्रुव स्थल-भाग (अन्टार्क्टिका महाद्वीप) से श्याम है तथा उसके चारों ओर जल का प्रसार है।

(4) महाद्वीप तथा महासागर एक दूसरे के विपरीत दिशा में पाये जाते हैं।<sup>1</sup>

(5) प्रशान्त महासागर का विस्तार अत्यधिक है जो पृथ्वी के क्षेत्रफल का एक तिहाई भाग घेरे हुए है।

(6) प्रशान्त महासागर चारों ओर से नवौं बलिह पर्वतों (Folded Mountains) द्वारा घिरा हुआ है।

उपर्युक्त तथ्यों को ध्यान में रखते हुए लोथियन ग्रीन ने सन् 1875 ई० में अपना "चतुष्फलकीय सिद्धान्त" प्रस्तुत किया। समस्त सिद्धान्त चतुष्फलक (Tetrahedron) की सामान्य विशेषताओं पर आधारित है। चतु-

एकल<sup>1</sup> वह आकृति है जो कि घरावर भुजाओं वाले चार त्रिभुजों (जो कि सपाट तथा चपटे घरातल वाले होते हैं) की बनी होती है। ग्रीन ने अपने सिद्धान्त का प्रतिपादन ज्यामिति के दो सन्ध्यों के आधार पर किया है।

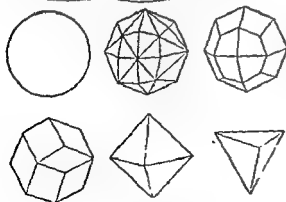
(1) एक स्फीयर (गोला-Sphere) वह आकृति है जिसका आयतन, घरातलीय क्षेत्रफल (Surface Area) की अपेक्षा सर्वाधिक होता है—'A Sphere is that body which contains the largest volume with respect to surface area'

(2) एक चतुष्फलक वह आकृति है जिसका आयतन, घरातलीय क्षेत्र की अपेक्षा न्यूनतम होता है—'A tetrahedron is that body which contains the least volume with respect to surface area.'

अनेक प्रयोगों के बाद ग्रीन महोदय ने यह निष्कर्ष निकाला कि यदि एक स्फीयर (गोला-Sphere) के घरातल पर चारों ओर से समान दबाव डाला जाय तो स्फीयर, चतुष्फलक के आकार में परिवर्तित हो जायगा। इस सिद्धांत को ग्रीन ने पुनः पृथ्वी के ऊपर लागू किया, क्योंकि जब पृथ्वी की रचना हुई तो प्रारम्भ में वह एक स्फीयर के रूप में थी। प्रारम्भ में पृथ्वी अत्यन्त लस थी। वह धीरे-धीरे शीतल होने लगी। पृथ्वी की पपड़ों (Crust) सबसे पहले शीतल हो गईं परन्तु उसका आन्तरिक भाग धीरे-धीरे शीतल होता रहा। परिणामस्वरूप आन्तरिक भाग में अधिक मनुचन आने के कारण उसका आयतन अधिक घट गया। चूँकि ऊपरी भाग

शीतल तथा ठोस हो चुका था, अतः उसमें और अधिक सिकुड़न नहीं आ सकी। परिणामस्वरूप पृथ्वी के ऊपरी तथा आन्तरिक भाग में अन्तर आ गया। इस तरह शीतल होते तथा सिकुचन के कारण पृथ्वी ऐसी अवस्था में आने लगी (तथा आ रही है) जिसका आयतन कम और क्षेत्रफल अधिक हो। दूसरे शब्दों में पृथ्वी का आकार चतुष्फलक (चार समतिवाहु त्रिभुजों वाली आकृति) के रूप में आने लगा। 'फैयरबैरन' (Fairbairn) ने भी प्रयोग द्वारा यह प्रमाणित कर दिया है कि सिकुचने पर एक गोलाकार आकृति चतुष्फलक (चार पलक—सपाट घरातल) का रूप धारण कर लेगी। ग्रीन ने पुनः यह अनुमान किया है कि पृथ्वी अभी पूर्ण रूप से चतुष्फलक में परिवर्तित नहीं हो पायी है, बल्कि पृथ्वी ज्यो-ज्यो ठण्डी होती जा रही है, चतुष्फलक की आकृति पूर्णता को प्राप्त करती जा रही है। पृथ्वी को बनावट में विभिन्नता के कारण चतुष्फलक विशुद्ध रूप में नहीं हो सकता बल्कि उसमें असमानता का होना स्वाभाविक है। एक विशुद्ध चतुष्फलक में सपाट भाग (Plane face) के विपरीत दिशा में कोने वाले भाग अथवा कोणात्मक भाग (Coign) होते हैं तथा ये अधिक नुकीले होते हैं। परन्तु पृथ्वी के विषय में शीर्ष (Apex) अथवा कोणात्मक भाग (Coign) नुकीला नहीं होता है, बल्कि उतल तथा मोटा होता है। इन चपटे भागों पर जल तथा किनारे वाले भागों अथवा कोणात्मक भागों पर स्थल का निर्माण होता है।

चूँकि सिकुचन के समय पृथ्वी की बाह्य तथा आन्तरिक परतों के बीच अन्तर (Gap) आ गया था इसलिए पृथ्वी के चतुष्फलक के रूप में आते समय गुरुत्वाकर्षण की शक्ति के कारण ऊपरी परत नीचे वाली परत पर ध्वस्त (Collapse) होने लगी, अथवा बैठने लगी। दूसरे शब्दों में ऊपरी भूपटल, निचले चतुष्फलक की आकृति पर बैठ गया। फलस्वरूप माग्नर तथा स्थल भाग का निर्माण हुआ। चतुष्फलक हरी पृथ्वी के चपटे चार भागों में चार महासागरों का निर्माण हुआ। इन पर जल का स्थाव इसलिये हुआ कि ये सपाट भाग किनारे वाले भागों से अपेक्षाकृत नीचे थे। किनारे तथा कोने वाले भागों पर महादीपों की रचना हुई। इस तथ्य की इस रूप में भी प्रमाणित किया जा सकता है कि यदि गार्डी



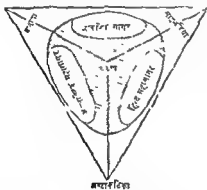
चित्र 81

चतुष्फलक (अन्तिम)

1. A tetrahedron is a solid body having four equal plane surfaces, each of which is an equilateral triangle.

के ग्लोब में चतुष्फलक को डुबोया जाय तो चपटे जयवा सपाट भाग पर पानी शीघ्र आ जायेगा तथा किनारे वाले भाग (Coign) जल से बाहर होंगे, जो कि साधारण तौर पर सागर तथा स्थल भाग की स्थिति बताते हैं।

इस परिकल्पना के अनुसार सागर तथा स्थल का वर्तमान वितरण पूर्णरूप से समझाया जा सकता है। चतुष्फलक इस रूप में है कि उसका उत्तरी भाग चपटा है तथा शेष तीन सपाट भाग दक्षिण में एक बिन्दु (Coign) पर मिलते हैं। इस प्रकार उत्तरी समतल अथवा सपाट भाग (Plane Face) पर उत्तरी ध्रुव सागर (North Arctic Sea) है तथा शेष तीन चपटे



चित्र 82

चतुष्फलक पर जल-स्थल का वितरण (होम्स के आधार पर)

भागों पर प्रशान्तमहासागर अण्डमहासागर तथा हिन्द महासागर का विस्तार है। इसी प्रकार जल से ऊपर उठे हुए चार कोणात्मक किनारे वाले भागों के महाने क्रमशः उत्तरी व दक्षिणी अमेरिका, यूरोप व अफ्रीका एशिया तथा आस्ट्रेलिया और अण्टार्क्टिका महाद्वीप फैले हुए हैं। इस प्रकार उत्तरी ध्रुव व पात जल तथा दक्षिणी ध्रुव व पान स्थल का होना प्रमाणित हो जाता है। महाद्वीपों की स्थिति की ओर स्पष्ट रूप से समझाया जा सकता है। चार समतिबाहु त्रिभुजों के चार मिलन बिन्दु होने (Coigns)। दक्षिणी शीर्ष बिन्दु को छोड़कर, शेष तीन शीर्ष बिन्दु (Coigns) उत्तरी गोलार्द्ध में पाये जाते हैं। ये तीन प्राचीनतम स्थिरभूखण्ड (Rigid Mass)—लारेंशियन अथवा कनाडियन शील्ड, बाल्टिक शील्ड (स्वीडन, फिनलैंड तथा ३० व ५० रूस का भाग) तथा मध्य पूर्वी साइबेरिया में स्थिति अगारा शील्ड को प्रदर्शित करते हैं। दक्षिणी शीर्ष भाग जो कि चतुष्फलक का प्रधान आधार (Pivot) है, वह अण्टा-

र्क्टिका शील्ड द्वारा प्रदर्शित होता है। इन्हीं चार शीर्ष बिन्दुओं के स्थिर भूखण्डों से विस्तृत होकर वर्तमान महाद्वीपों का निर्माण हुआ है। उपर्युक्त तीन उत्तरी शीर्ष से किनारे के सहारे महाद्वीपों का विस्तार हुआ। सभी महाद्वीपीय भाग चतुष्फलक के किनारे हैं जो दक्षिण की तरफ सँकरे होते जाते हैं। इस प्रकार महाद्वीपों का त्रिभुजाकार रूप भी प्रमाणित हो जाता है। चार सपाट भागों के सहारे महासागरों की स्थिति तथा किनारों के सहारे महाद्वीपों का होना जल-स्थल की प्रतिध्रुवस्थ स्थिति (Antipodal-arrangement) को प्रमाणित करता है।

ग्रेगरी द्वारा चतुष्फलक परिकल्पना की पुष्टि—ग्रेगरी (Gregory) नामक विद्वान आधुनिक युग में इस परिकल्पना के प्रधान समर्थक हैं। परन्तु इस परिकल्पना के मूलरूप में उन्होंने कुछ संशोधन भी प्रस्तुत किया है। ग्रेगरी ने पैलियोज्योग्राफिकल (प्राभौगोलिक-Paleogeographical) मानचित्र खींच कर यह प्रमाणित करने का प्रयास किया है कि कैम्ब्रियन युग में सागर तथा स्थल का वितरण वर्तमान वितरण के समान ही था यद्यपि कुछ असमानताएँ अवश्य थीं। उस समय एक महान उत्तरी महाद्वीप था जो कि उत्तर की तरफ चीड़ा तथा दक्षिण की ओर नुकीला था। वर्तमान सागरीय जमाओं से प्रकट होता है कि उस समय आर्कटिक सागर वर्तमान आर्कटिक सागर से कुछ पूर्व में स्थिति था। स्थल तथा जल के विस्तार में कालान्तर में परिवर्तन दो रूपों में हुए। (1) स्थल अथवा महाद्वीपीय भाग में देशान्तरीय दिशा में परिवर्तन हुए अर्थात् उनका दक्षिण-पूर्व उत्तर-दक्षिण दिशा में हुआ (2) महासागरों में परिवर्तन अक्षांशीय दिशा में हुआ अर्थात् महासागरों का विस्तार पूर्व-पश्चिम दिशा में हुआ। परन्तु इस विचार-धारा में ग्रेगरी ने पुन संशोधन प्रस्तुत किया है। ग्रेगरी के अनुसार संकुचन के कारण पृथ्वी में सिकुड़न आने से चतुष्फलक के सम्भवतः किनारे स्थिर रहेंगे परन्तु ऊपर वाली सपाट सतह को घेरने वाले तीन किनारे परिवर्तन-शील रहेंगे। यह परिवर्तन सभी उत्तर तथा सभी दक्षिण दिशा में स्थिर अथवा विस्तार के रूप में हुआ बताया गया है, जिस कारण महाद्वीपों एवं महासागरों के आकार में क्रमशः परिवर्तन होता रहा। फ्रेच (Frech) नामक विद्वान ने भी अपने मानचित्र में कैम्ब्रियन युग में उत्तरी तथा दक्षिणी गोलार्द्धों में जल तथा स्थल का पूर्ण विपरीत वितरण दिखाया है। इस प्रकार ग्रेगरी तथा फ्रेच के कुछ संशोधनों द्वारा ग्रीन की "चतुष्फलक परिकल्पना" अधिक सार्थक बना दी जाती है।

**मूल्यांकन—**यद्यपि “चतुष्फलक परिकल्पना” से महासागरो तथा महाद्वीपो की कई समस्याओं पर प्रकाश पड़ता है फिर भी कुछ मूलभूत कठिनाइयों के कारण यह मत वर्तमान समय में मान्य नहीं है। इसके अनुसार चतुष्फलक रूपी पृथ्वी एक शीर्ष बिन्दु (Cone) पर टकी है। इस प्रकार एक शीर्ष बिन्दु पर परिभ्रमण करती हुई चतुष्फलक के रूप में पृथ्वी का सन्तुलन कदापि स्थापित नहीं हो सकता है। दूसरे पृथ्वी अपनी कीमी पर इतनी तीव्र गति से परिभ्रमण करती है कि गोल भूमण्डल चतुष्फलक के रूप में सिकुड़ कर नहीं बदल सकता है। इस प्रकार इस परिकल्पना का भूल आधार ही प्रमाणित नहीं हो पाता है। जो भी हो इस परिकल्पना ने जल-धल के वर्तमान वितरण को समझने में पर्याप्त सहायता मिलती है।

**4 एडवर्ड स्वेस का सिद्धान्त (Edward Suess' Theory)**—स्वेस महोदय ने अपने मत का प्रतिपादन पृथ्वी के ऊपरी भूपटल (Crust) के स्वभाव के आधार पर किया है। पृथ्वी के ठंडा तथा ठोस होने के बाद जब ऊपरी पटल (Crust) का निर्माण हुआ तो उसका स्वभाव सर्वत्र एक-सा न होकर विभिन्न प्रकार का था। इस प्रकार प्रारम्भ में स्वेस ने ठोड़ा तथा स्थिरता के विचार से भूपटल को दो वर्गों में विभाजित किया है। (1) अवरोधी तथा दृढ़ भूपटल, 2—अनावरोधी भूपटल-भाग (Non Resistant Part of the Crust)। पुनः स्वेस ने बताया है कि अवरोधी भूपटल बाकी प्राचीन, कठोर एवं दृढ़ भाग थे। अतः इन पर पर्वत निर्माण अथवा मोड़ की क्रिया का प्रभाव नगण्य सा रहा। कुछ शक्तियों के कारण ये टूट गये पर मोड़ में कभी परिवर्तित नहीं हो सके। प्राचीन काल में उत्तरी गोलार्द्ध में इस प्रकार के तीन कठोर (Rigid) तथा दृढ़ स्थल खण्डों की स्थिति बतायी गई है।

(1) लारेंशियन शील्ड—इसमें राकी पर्वत के पूर्व कनाडा का अधिकांश भाग तथा स्काटलैण्ड के पश्चिमी द्वीप सम्मिलित किये जाते हैं। इसी में बनाडियन शील्ड भी (बनाडा वाला भाग) सम्मिलित है।

(2) बाल्टिक शील्ड—इसमें बाल्टिक सागर के चारों तरफ के क्षेत्र छोड़कर फिनलैण्ड स्वीडन और रूस के उ० प० भाग सम्मिलित किये जाते हैं।

(3) अंगारालैण्ड—इसमें पूर्वी माइवेरिया का भाग आता है।

(4) उत्तरी गोलार्द्ध के इन तीन दृढ़ भूखण्डों के अलावा एक चतुर्थ भूखण्ड भी दक्षिणी गोलार्द्ध में गोडवानालैण्ड के नाम से था। इसमें दक्षिणी अमेरिका का अधिकांश भाग सम्मिलित था।

उपरोक्त दृढ़ स्थल-खण्डों के मध्य अनावरोधी (Non-Resistant) भूपटल का कमजोर भाग विस्तृत था। ये भाग इतने कमजोर थे कि संस्तब्धीय दबाव (Tangential Pressure) के कारण मोड़ में बदल गये जिससे भूपटल के वसित पर्वतों का निर्माण हुआ। पर्वत-निर्माण के कई बाल घटित हुए तथा दो पर्वत-निर्माण के समयों के बीच एक शान्ति काल अथवा अवकाश-काल था, जिस समय पृथ्वी का समस्त भाग दबाव तथा पर्वत-निर्माणकारी शक्तियों में अछूता था। इन्हीं अवकाश-कालों अथवा शान्ति-कालों के समय अवरोधी भूपटल में सम्बन्धीय दबाव पड़ने लगे जिस कारण दृढ़ भूपटल का बड़ा-बड़ा हिस्सा टूट कर नीचे धमकने लगा। इस प्रकार भूभाग के धमकने के कारण बने गहरे रिक्त स्थानों में जल एकत्रित होने लगा तथा महासागरो का निर्माण हुआ।

इसमें अन्तर्गत स्थल के अन्य भागों पर भी सागर का विस्तार हुआ। जब लारेंशियन शील्ड तथा गोडवानालैण्ड का विभजन हुआ तो इनका एक बड़ा भाग नीचे डूब गया अथवा घसक गया तथा यह गहरा रिक्त भाग जब में आवृत हो गया। इस प्रकार आन्ध्रमहासागर का निर्माण हुआ। युरेशिया तथा अफ्रीका के कठोर भागों के मध्य कमजोर भाग था तथा यह भाग टेथीज सागर के रूप में बदल गया। बाद में चलकर उत्तर तथा दक्षिण के दृढ़ भूखण्डों के दबाव से इसका (Tethys) अधिकांश भाग मोड़ में बदल गया। इस प्रकार युरेशिया के मोड़दार पर्वतों का निर्माण हुआ। टेथीज का अवशेष भाग वर्तमान भूमध्यसागर के रूप में विद्यमान है। इस तरह स्वेस ने यह परिकल्पना की कि अवरोधी भूपटल के भाग तथा अनावरोधी भूपटल के वे भाग जो कि दबाव के कारण मोड़दार पर्वतों में बदल गये, मिलकर महाद्वीपों के निर्माण में सहायक हुए। इनके विपरीत महासागरो का निर्माण अनावरोधी भूपटल के कमजोर तथा अवरोधी दृढ़ भूखण्डों के घसकने के कारण बने रिक्त स्थानों में जल के एकत्रित होने के कारण हुआ।

यदि सियाल तथा सीमा (Sial & Sima) पर

ध्यान दिया जाय तो स्वेस के अनुसार भूखण्ड का भीचे घसकना अथवा डूबना समोचीन नहीं जाना पड़ता है। भूपटल पर इतने बड़े पैमाने पर स्थल भाग का डूबना अथवा घसकना विवाद तथा संदेह का विषय है। इस सिद्धान्त के अनुसार स्थल तथा जल के वितरण को भली-भाँति नहीं समझाया जा सकता है। बुल मिलाकर स्वेस की विचारधारा मान्य नहीं है। वास्तव में इस परिकल्पना में पर्वत-निर्माण-क्रिया की समस्या ही मुख्य रूप के समझाई गई है। महासागर तथा महाद्वीपों की उत्पत्ति पर भी ध्यान दिया गया है।

(5) टेलर की महाद्वीपीय प्रवाह परिकल्पना (Continental Drift Hypothesis of Teylor)—एफ० बी० टेलर (F B Taylor) ने अपने "महाद्वीपीय प्रवाह-सिद्धान्त" का प्रतिपादन सन् 1908 ई० में किया था। परन्तु उसका प्रकाशन 1910 ई० में हुआ। टेलर का विचार स्थल भाग के क्षैतिज स्थानान्तरण (Horizontal Displacement) के विषय में था। टेलर की परिकल्पना का मुख्य उद्देश्य था टर्शियरी युग के मोड़दार पर्वतों की व्याख्या करना। उत्तरी तथा दक्षिणी अमेरिका के राकी तथा एण्डीज का उत्तर से दक्षिण दिशा में फैलाव तथा अल्पाइन (आल्प्स, कावेसस, हिमालय आदि) पर्वतों के पूर्व में पश्चिम दिशा में विस्तार की समस्या टेलर के सामने मुख्य समस्या थी, जिसका हल वे चाहते थे। इसी समस्या को सुलझाने के लिए टेलर ने 'सङ्कुचन सिद्धान्त' (Contraction Theory) के विपरीत अपने 'स्थल-विस्थापन' (Drift or Displacement Theory) सिद्धान्त का प्रतिपादन किया। इस प्रकार 'प्रवाह-सिद्धान्त' टेलर का प्रथम प्रयास माना जाता है क्योंकि इसके पहले 'आण्टोनियो स्नीडर' Antonio Snider ने 1858 में अपना मत 'प्रवाह' के विषय में व्यक्त किया था। स्नीडर का मुख्य उद्देश्य कार्बोनिफेरस युग के यूरोप की कोयले की तहों में विद्यमान वनस्पतियों के अवशेष तथा उत्तरी अमेरिका की कोयले की पर्वतों की वनस्पतियों के अवशेष की समानता को स्पष्ट करना था।

टेलर ने अपने सिद्धान्त का शुभारम्भ कोंटिनेन्सल ग्रुप में किया है। उस समय मुख्यतया दो स्थल-भाग थे। लारेन्शिया स्थल-भाग उत्तरी ध्रुव के पास तथा गोंडवाना-लैंड दक्षिणी ध्रुव के पास स्थित था। उन्होंने यह कल्पना की कि महाद्वीपीय भाग मियात के बने हैं तथा सागरों

में उनका (Sial) पूर्णतया अभाव है। मियात-भाग अथवा स्थल-भाग सीमा पर तैर रहे हैं। टेलर ने महाद्वीपों का प्रवाह मुख्य रूप से विपुल रेखा की ओर बताया है। स्थल-प्रवाह का मुख्य कारण 'ज्वारीय शक्ति' (Tidal Force) को बताया गया है। कोंटिनेन्सल ग्रुप में जब कि चन्द्रमा की उत्पत्ति हुई उस समय यह पृथ्वी के अधिक निकट रहा होगा। इस कारण चन्द्रमा की ज्वारीय शक्ति भी अधिक रही होगी। इस शक्ति के कारण पृथ्वी के परिभ्रमण में काफी वृद्धि हो गई। साथ ही साथ अधिक ज्वारीय शक्ति के कारण स्थल भागों का ध्रुव की ओर से प्रवाह अथवा स्थानान्तरण होने लगा।

टेलर ने स्थानान्तरण को दो रूपों में बताया है। (1) विपुल रेखा की तरफ और (2) पश्चिम की तरफ। परन्तु दोनों दिशाओं के प्रवाह में प्रयुक्त शक्ति चन्द्रमा की ज्वारीय शक्ति ही थी। अधिक ज्वारीय शक्ति के कारण लारेन्शिया स्थल-भाग उत्तरी ध्रुव से विपुल रेखा की ओर प्रवाहित होने लगा। यह प्रवाह सम्भवतः उत्तरी ध्रुव से अरीय (Radial) दिशा में रहा होगा। इस प्रवाह ने उत्तरी ध्रुव के पास खिंचाव पैदा कर दिया जिस कारण, स्थल-भाग का प्रवाह के साथ-साथ विभजन (Splitting) भी हुआ। इस खिंचाव (तनाव) (Stretching & Splitting) तथा विभजन के फल-स्वरूप 'बैसिन की खाड़ी' 'लेब्राडोर सागर' तथा 'इंसित जलडमरूमध्य' की रचना हुई। इसी प्रकार गोंडवाना-लैंड का प्रवाह दक्षिणी ध्रुव से विपुल रेखा की ओर हुआ तथा यह कई भागों में टूट गया। इस कारण 'प्रेट आस्ट्रेलियन बाइट' तथा अंटार्कटिका महाद्वीप के चारों तरफ 'रॉस सागर' का निर्माण हुआ। ग्रीनलैंड तथा माइकेलिया के बीच आर्कटिक बेसिन का निर्माण लारेन्शिया के विपुल रेखा की तरफ प्रवाह के कारण हुआ था। दक्षिणी अटलांटिक तथा हिन्द महासागर का निर्माण, प्रवाहित होत हुए महाद्वीपों के बीच खाली स्थान में जल भरने के कारण हुआ जाना जाता है।

टेलर ने यह माना है कि प्रवाह के समय जहाँ भी अवरोध कम था वहाँ पर स्थल भाग 'लॉब' (Lobe) के रूप में प्रवाहित होने लगा तथा उनके अन्तर्भाग में पहाड़ों तथा द्वीपीय चापों (Island Arcs) का निर्माण हुआ। हिमालय, काराकोरम तथा आल्प्स पर्वत-श्रेणियों का निर्माण लारेन्शिया तथा गोंडवानालैंड के ध्रुवों की तरफ से

अवस्था में है (यद्यपि यह विवादप्रस्त विषय है कि सम-स्थिति पूर्ण अवस्था में है या नहीं)। इस प्रकार कम घनत्व वाले पदार्थ (SIAL) बड़े पैमाने पर अधिक घनत्व वाले पदार्थ (SIMA) में नहीं जा सकते।

महाद्वीपों तथा सागर-नितल के अस्थायित्व के प्राचीन समर्थकों ने बताया कि उनके स्थान निश्चित नहीं हैं। महाद्वीप तथा सागर आपस में परिवर्तनशील हैं। अर्थात् जहाँ पर स्थल है वहाँ पर जल हो सकता है तथा सागर में स्थान पर महाद्वीप का आविर्भाव हो सकता है। इस मत के पक्ष में समर्थकों ने स्थल पर पाये जाने वाले सागरीय जमावों के प्रमाण प्रस्तुत किये हैं। इनका मत है कि जहाँ पर सागरीय मलबा पाया जाता है वहाँ पर पहले सागर का साम्राज्य था। इस आधार पर इन्होंने इस मत का प्रतिपादन किया था—'महाद्वीप नीचे धँसक या डूब जाते हैं तथा जलमग्न हो जान के कारण महासागर में बदल जाते हैं। महासागरीय भाग ऊपर उठ जाते हैं तथा शुष्क होकर स्थलभाग बन जाते हैं।' महासागरीय भागों में द्वीपों की स्थिति भी स्थलीय भाग के धँसाव की प्रमाणित करती है। स्थल के डूब जाने पर अवशिष्ट भाग द्वीपों के रूप में बच रहे हैं। इन विचारकों ने बताया कि सागर-नितल छिछली तथा उबली गती होती है तथा इनमें सामान्य रेत एवं कीचड़ आदि होती है। इनका वितरण सागर-नितल में समान रूप से पाया जाता है। इन सागरीय भागों का विस्तार स्थलीय भागों पर आसानी से हो जाता था। महाद्वीपों तथा महासागरों के सीमान्त क्षेत्रों (Marginal regions) में पर्याप्त अंतर (उत्तर-व्यापार—Retreat & advancement) पाया जाता है। इसका प्रमाण परिवर्तनशील तट-रेखाओं द्वारा प्रस्तुत किया जाता है। परन्तु 1846 ई० में प्रमुख विद्वान डाना ने इस मत का खण्डन किया तथा बताया कि महाद्वीप तथा महासागर-नितल स्थायी हैं। लेकिन उसी वर्ष एडवर्ड फोर्ब्स (Edward Forbes) ने वनस्पतियों तथा प्राचीन जीवों के वितरण की समस्या उपस्थित कर दी। यदि सागर तथा महाद्वीपों की स्थिति में परिवर्तन नहीं हुआ तो प्राचीन वनस्पतियों तथा जीवों के वितरण को भली-भाँति नहीं समझाया जा सकता। इस प्रकार महाद्वीप तथा सागर के अस्थायित्व तथा अस्थायित्व के विषय में विवाद प्रारम्भ हो गया—

महाद्वीपों तथा सागरों के अस्थायित्व के उपर्यक्त—अनेक विद्वानों ने उपर्युक्त विचारधारा अर्थात् "स्थल तथा सागर की अस्थिरता" के विरोध में अपने मत प्रस्तुत किये हैं।

डाना अनुसार स्थल तथा सागर पर्वत स्थिर रहे हैं। बड़े पैमाने पर उनमें अतिक्रमण नहीं हुआ है। सागर की अग्राध तली (Deep sea plain) से स्थल का उभरना तथा महाद्वीपों की रचना नितान्त असम्भव है। इस क्षेत्र में सर्वप्रथम डाना महोदय ने 1846 ई० में अपना मत प्रस्तुत किया तथा बताया कि सागर तथा महाद्वीपों ने अपने स्थान में कभी भी परिवर्तन नहीं किए हैं तथा पृथ्वी का ढोँचा साधारण रूप में स्थिर रहा है। महाद्वीपों तथा सागरों के अस्थायित्व के विषय में निम्न प्रमाण उपस्थित किये जा सकते हैं।

(1) स्थल भाग पर जो सागरीय अवसाद पाया गए हैं, वे गहरे सागर में पाये जाने वाले अवसाद के समान नहीं हैं। स्थल पर पाये जाने वाले सागरीय जमाव, महाद्वीपीय जलमग्न चतुर्तरे (Continental shelves) तथा महाद्वीपीय ढाल पर पाये जाने वाले जमाव से समता रखते हैं। इनके विपरीत अग्राध सागर-तल में पाये जाने वाले जमाव "ऊँचे" (Oozes) स्थल पर वही भी नहीं पाये जाते हैं। कुछ समुद्रीय द्वीपों पर ऐसे जमाव अवश्य पाये गये हैं। उदाहरण के लिये पूर्वी द्वीप समूह में जुरेंसिक तथा क्रीटसियत युगों के जमाव में बीच-बीच में रेडियोलेरियन ऊँज तथा लाल धोला (Red clay) का जमाव पाया जाता है। इसी प्रकार पश्चिमी द्वीप समूह में बारबोरोस द्वीप में टर्शियरी युग के स्थलीय जमाव के ऊपर लोबोवियेरियन ऊँज का जमाव मिलता है। परन्तु इन दो उदाहरणों को अपवाद स्वल्प ही समझना चाहिए। कहीं भी ऐसा उदाहरण नहीं मिलता है, जिसमें प्रमाणित हो सके कि सागरीय चतुर्तरे (Oceanic Platform) महाद्वीपीय भाग का बना हो। अतः स्थल पर मिलने वाले सागरीय जमाव (ज्यादा सागरीय जमाव नहीं) के आधार पर महाद्वीपों तथा सागरों की अस्थिरता प्रमाणित नहीं हो सकती।

2 महासागरीय द्वीपों पर जो पत्थरदार शैल मिलती है, वह महाद्वीपीय पत्थरदार शैल से सर्वथा भिन्न है। अतः महासागरीय द्वीपों तथा महाद्वीपों में सम्बन्ध स्थापित करना सर्वथा भूल ही है।

3 ध्वनिकरण विधि (Sounding Method) से महासागरों की अग्राध तली का पता लगाया गया है तथा उससे छींच गये पार्श्वचित्र (Cross section) से यह स्पष्ट हो जाता है कि सागर तली (Ocean deep and floor) इस प्रकार की है कि उसमें उभार होता न्यूनता से घटे हुए है। इससे सागरीय भागों से कुछ उभार हो

सकता है परन्तु अथाह सागरीय भागो से स्थल का आविर्भाव नहीं हो सकता।

4 जैसा प्रारम्भ में बताया जा चुका है कि महा-द्वीपीय भाग हल्के सियाल का बना है तथा महासागरीय तली भारी पदार्थ (Sima) की बनी है। सन्तुलन के सिद्धान्त के अनुसार स्थल भाग अर्थात् सियाल सीमा पर रुका हुआ है। यही कारण है कि कुछ सीमित क्षेत्रों के छोड़कर सागर के नीचे सियाल का सर्वथा अभाव है। इस प्रकार हल्के पदार्थ वाले महाद्वीप नहीं भी सागर में नहीं जा सकते तथा सागर-तली स्थल के रूप में ऊपर नहीं उठ सकती।

5 महाद्वीप के तटीय भाग आंशिक रूप में थोड़े समय के लिए सागरीय अतिक्रमण के कारण जलमग्न हो गये तथा कुछ तटीय भाग ऊपर भी उठे हैं। परन्तु यह क्रिया अल्पकालिक तथा सीमित रूप में हुई थी। महा-द्वीपीय भाग कभी भी अगाध सागर द्वारा जलमग्न नहीं हुआ है।

इस मत के विरोध में कुछ समस्याएँ उपस्थित की गई हैं। उदाहरण के लिए स्थलीय भागों पर कुछ ऐसे जीव तथा वनस्पतियों के अवशेष पाये गये हैं जो कि एक दूसरे से पूर्ण समता रखते हैं परन्तु वर्तमान समय में एक दूसरे से अधिक दूर पर पाये जाते हैं। इन अवशेषों वाले स्थलीय भाग वर्तमान समय में सागरीय द्वारा घुसक हो जाने के कारण दूर-दूर स्थित हैं। यहाँ पर यह सवाल अनायास ही उठ जाता है कि ये जीवावशेष सागरीय को पार करके इतने दूर कैसे चले गये? इस प्रश्न के उत्तर में कई विद्वानों ने अपने मत प्रस्तुत किये हैं। कुछ लोगों के अनुसार प्रारम्भ में महाद्वीपीय भाग स्थल-सेतुओं द्वारा एक दूसरे से सलग्न थे। इस विषय में प्रेगरी नामक विद्वान ने अपने मत का प्रतिपादन 1929 ई० में किया है।

इस प्रकार स्थल-सेतुओं द्वारा स्थल-भाग सलग्न थे जिस कारण वनस्पतियों तथा जीवों का प्रसार अबाध गति में हो सका। बाद में जाकर स्थल-सेतुओं का अवतलन हो गया अर्थात् ये स्थल-सेतु नीचे डूब गये (Foundered)। इस कारण आन्ध्र महासागर, प्रशान्त महासागर एवं हिन्द महासागर का निर्माण हुआ। इस विचारधारा के पक्ष में यह प्रमाण प्रस्तुत किया जाता है कि स्थल-सेतुओं के अवतलन के समय कुछ भाग ऐसे रह गये जिनका अवतलन नहीं हो सका। ये अवशिष्ट भाग इन महासागरीय क्षेत्रों के रूप में पाये जाते हैं। उदाहरण के लिए आन्ध्र महासागर में फाकलैण्ड द्वीप

इसी अवतलन का अवशिष्ट भाग है। इस प्रकार के स्थल-सेतुओं के अवतलन के विषय में जेफ्रीज (Jeffreys) ने भी अपना मत प्रस्तुत किया है। परन्तु इस मत से अधिकांश विद्वान सहमत नहीं हैं।

आलोचना—महाद्वीपों और महासागरों के स्थायित्व के विषय में अनेक दोष निकाले गये हैं तथा इस मत के प्रमाण में जितने भी माध्यम एवं उदाहरण उपस्थित किये गये हैं, उनका खण्डन किया गया है तथा अन्त में निष्कर्ष यही निकलता है कि महाद्वीपों में किसी न किसी तरह का विस्थापन अवश्य हुआ है। अतः महाद्वीप तथा महा-सागर अपने स्थान पर स्थिर तथा दृढ़ नहीं बताये जा सकते हैं।

1 यदि महाद्वीप तथा महासागरों का वर्तमान रूप पहले भी ऐसा ही था तथा उनमें किसी भी प्रकार का विस्थापन नहीं हुआ तो आन्ध्र महासागर के दोनों तटीय भागों पर चट्टानों की बनावट की समानता को प्रमाणित नहीं किया जा सकता है। इस समानता को प्रमाणित करने के लिये यह मानना होगा कि आज जहाँ पर अटलाण्टिक महासागर है वहाँ पर पहले स्थल-भाग अवश्य था। इसके कई प्रमाण उपस्थित किये जा सकते हैं— अटलाण्टिक महासागर के पश्चिमी किनारे पर स्थित अफ्रेसियन भू-सन्तति में जमाव दक्षिण-पूर्व से हुआ। यहाँ पर वर्तमान समय में जल है। यदि पहले वहाँ स्थल नहीं था तो यह कैसे सम्भव हुआ? अफ्रीका के गोल्ड-कोस्ट क्षेत्र में स्वर्णयुक्त काग्लोमेरेट चट्टान का जमाव उस नदी द्वारा हुआ जो गोल्डकोस्ट के दक्षिणी भाग में स्थित स्थल-भाग से होकर आती थी। परन्तु वर्तमान समय में यहाँ पर जल है। इसी प्रकार एक ही अंश में बाजिल तथा गोल्डकोस्ट की स्वर्ण-खदानों की स्थिति से यही प्रमाणित होता है कि प्रारम्भ में ये दोनों भाग संयुक्त थे। 2 ट्वाण्ट ने दक्षिणी अमेरिका के पूर्वी तट तथा अफ्रीका के पश्चिमी तटों का अध्ययन करके बताया है कि दोनों तटों की सरचना में पर्याप्त साम्य है। अतः ये दोनों तट पहले एक दूसरे से मिले हुए थे।

2 ऊपरी कार्बोनिफेरस युग के हिमानी के लक्षण दक्षिणी अमेरिका, आस्ट्रेलिया, भारत, दक्षिणी तथा मध्य अफ्रीका तथा फाकलैण्ड द्वीपों पर मिलते हैं। इनमें से प्रत्येक क्षेत्र के हिमानीकरण में समानता पायी जाती है। इन प्रभावित क्षेत्रों में ग्लोमोस्टेरिय भी पाई जाती है। प्रायः अनुमान किया जाता है कि दक्षिणी भाग में हिम-चादर का प्रसार हुआ तथा इसका विस्तार उपर्युक्त

क्षेत्रों में हो गया। अगर वर्तमान समय के महाद्वीप तथा महासागर इसी अवस्था में प्रारम्भ में भी थे तो यह कैसे सम्भव हो सकता था ? इस आधार पर विद्वानों ने बताया है कि प्रारम्भ में उपर्युक्त स्थल-भाग एक दूसरे से संयुक्त थे तथा दक्षिणी ध्रुव वर्तमान डबन (नैदान) के पास था। दक्षिणी ध्रुव में हिमचादर का प्रसार उपर्युक्त क्षेत्रों में आसानी से हो गया बाद में ये स्थल-भाग एक दूसरे से अलग हो गये तथा वर्तमान रूप को धारण किये। यदि समस्या को सुलझाने के लिए यह कह जाय कि प्रारम्भ में उपर्युक्त स्थल-भाग एक दूसरे से स्थल-सेतुओं द्वारा सम्बन्धित थे तो वर्तमान दुर्ग को देखते हुए कार्विनिकरम युग का हिमानीकरण, प्लीस्टोसीन युग के हिमानीकरण में अत्यधिक विस्तृत रहा होगा, परन्तु ऐसा नहीं है। प्लीस्टोसीन हिमयुग सबसे अधिक विस्तृत हिमयुग था।

3 "स्थल-सेतु परिकल्पना" प्रमाणित नहीं की जा सकती है। महासागर तथा महाद्वीप के स्थापित के समर्थकों ने कुछ समस्याओं को (कार्विनिकरम हिमानीकरण तथा ग्लोमिस्टरीस वनस्पति का वितरण) "स्थल-सेतु-मिथ्यान्त" के आधार पर सुलझाने का प्रयास किया है। परन्तु सुलझाने के सिद्धान्त के आधार पर यह सिद्धांत प्रामाणित नहीं किया जा सकता है। उदाहरण के लिए महाद्वीप या स्थल-भाग हल्के पदार्थ सियाल के बने हैं तथा महासागरीय तली भारी पदार्थ सीमा में निहित है। अतः स्थलीय हल्के पदार्थ, सागरीय भारी पदार्थ में नहीं डूब सकते हैं। इस क्षेत्र में एब और कठिनाई है। यदि आइसबर्ग (Iceberg) दो भागों में टूटता है तो एक दूसरे से अलग हुए टुकड़े नहीं डूबते हैं बल्कि एक दूसरे से अलग होकर विस्थापित हो जाते हैं (एक दूसरे से अलग हो जाते हैं)। इस प्रकार यदि स्थलसेतु को मान भी लिया जाय तो उनके अलगाव या टूटने से प्राप्त स्थल-भागों का ऊर्ध्वकार रूप में नीचे की तरफ अवतलन नहीं होगा बल्कि क्षैतिज विस्थापन होगा। यद्यपि होम्स तथा जेक्रीज इन सेतुओं के डूबने के लिए अनेक उपादानों का उल्लेख किया है परन्तु वर्तमान विद्वानों को इनके मत मान्य नहीं हैं।

4 उपर्युक्त आधारों पर यही प्रमाणित होता है कि महासागर तथा स्थल-भाग स्थिर न होकर गतिशील रहे हैं। यह हो सकता है कि उनमें किसी महाद्वीपीय भाग

का पूर्णतया उन्मूलन रूप में अवतलन नहीं हुआ है, परन्तु विस्थापन (Horizontal displacement) स्वाभाविक सा लगता है। वर्तमान समय में "प्रवाह सिद्धान्त" को पर्याप्त समर्थन प्राप्त है। यह अवश्य है कि प्लेट विवर्तन सिद्धान्त (1960) के पूर्व इस क्षेत्र में अब तक ऐसे मत का प्रतिपादन नहीं किया जा सका था। जिसमें पूर्ण विस्थापन को समझा जा सके। आर्थर होम्स, जोशी, डेली, वेगनर, डूटवायट आदि ने कई रूपों में "महाद्वीपीय प्रवाह" को प्रमाणित करने के प्रयास किये हैं परन्तु इस प्रवाह के लिए आवश्यक समर्थन शक्ति की पूर्णरूपेण व्याख्या नहीं की जा सकी है। जो भी शक्ति अब तक प्रवाह के सम्बन्ध में बतायी गयी है वह पूर्ण तथा पर्याप्त नहीं है।

5 शीलो की चुम्बकीय शक्ति और चुम्बकीय उत्तरी ध्रुव की विभिन्न स्थितियों के आधार पर महाद्वीपीय विस्थापना को प्रमाणित किया गया है। पर्यवेक्षण द्वारा यह पता लगाया गया है कि प्राचीनकाल में चुम्बकीय उत्तरी ध्रुव प्रचान्त महासागर में हवाई द्वीप के पास स्थित था। बाद में इसकी स्थिति जापान के पास, पुनः कमचटका के पास तथा साइबेरिया में हो गई। इस आधार पर यह प्रमाणित होता है कि महाद्वीपों में विस्थापन या प्रवाह हुआ है।

6 प्रोफेसर ब्लैकेट (Prof P. N. S Blackett) ने प्रायद्वीपीय भारत की चट्टानों का अध्ययन करके बताया है कि भूमध्य रेखा की स्थिति में पर्याप्त अन्तर हुआ है। आज से 700 लाख वर्ष पूर्व भारत भूमध्य रेखा के दक्षिण में स्थित था। इसी प्रकार कभी ब्रिटेन भूमध्य रेखा के पास स्थित था तथा उत्तर की तरफ विस्थापित होकर अपना वर्तमान रूप प्राप्त किया है। अमेरिकी विद्वान हेस (H H Hess) तथा डीज (Dr R. S. Dietz) ने भी महाद्वीपीय विस्थापन का समर्थन किया है (1962)।

उपर्युक्त विवेचना के बाद भी किसी तर्कपूर्ण तथ्य का प्रतिपादन नहीं किया जा सकता है। इस क्षेत्र में और अधिक प्रयोग, अध्ययन तथा पर्यवेक्षण की आवश्यकता है। प्लेट विवर्तन सिद्धान्त के आधार पर महाद्वीपीय विस्थापन के तथ्य का स्थापन हो गया है। देखिये अगला अध्याय 8 (प्लेट विवर्तनिकी)।



# प्लेट विवर्तनिकी

(Plate Tectonics)

**सामान्य परिचय—**भू-विज्ञान, भूभौतिकी (Geophysics) तथा भूआकृतिविज्ञान के क्षेत्र में पुराचुम्बकीय क्षेत्र (Palaeomagnetic field) के अध्ययन तथा सागर-नितल के प्रसार (Sea-floor spreading) के प्रमाणों के आकलन के फलस्वरूप धरातलीय आकृतियों के विभेदन के सम्बन्ध में 1960 के दशक में नए विचारों तथा तकल्पनाओं का गुलगात हुआ है। इनमें से प्लेट विवर्तन सिद्धान्त (Plate tectonic theory) सर्वप्रमुख है। पृथ्वी का बाह्य भाग बड़े खण्डों का बना है जिसे प्लेट कहते हैं। इन्हीं प्लेट के किनारों के मिलाए सारी विवर्तनिक (tectonic) भूकम्पीय (seismic) तथा ज्वालामुखी क्रियाएँ सम्पन्न होती हैं। इन प्लेटों की गति के पूर्ण क्रम को प्लेट विवर्तनिकी कहा जाता है। 'प्लेट' नामावलि का प्रयोग सर्वप्रथम टुजो-विलसन (Tuzo Wilson) द्वारा 1965 में किया गया। 1968 के बाद प्लेट प्रक्रिया (Plate mechanism) का प्रयोग प्रारम्भ हो गया क्योंकि आयलर-सिद्धान्त (Euler's theorem) के आधार पर प्लेट की चमक-प्रक्रिया (motion mechanism) को स्पष्ट करने का सफल प्रयास किया जा चुका था। उदाहरण स्वरूप 1967 में मैकेन्ज़ी तथा पार्कर (Mckenzie and Parker) ने प्लेट के चलन का विजय उत्पन्न किया। आईजक तथा साइक्स (Isacks and Sykes) ने भी उपरोक्त विद्वानों की समर्थन 1967 में ही दे दिया। 1968 में मॉर्गन (W J Morgan) तथा ले पिशॉन (Le Pichon) ने प्लेट विवर्तनिकी के विभिन्न पहलुओं पर प्रकाश डाला। प्लेट विवर्तनिकी के आधार पर महाद्वीपीय विस्थापन को अब एक वास्तविकता माना जा रहा है। उतना ही नहीं, भूगर्भिक बाल के विभिन्न युगों में निमित्त पर्वतों की उत्पत्ति, भूकम्पीय घटनाओं, ज्वालामुखी तथा विवर्तन की सारी क्रियाओं का सम्भवतः इस सिद्धान्त के आधार पर, स्पष्टीकरण प्रस्तुत किया जा सकता है।

प्लेट विवर्तनिकी के साक्ष्य

प्लेट-विवर्तन सिद्धान्त का प्रतिपादन निश्चय ही विभिन्न विद्वानों द्वारा प्रतिपादित महाद्वीपीय विस्थापन के सिद्धान्तों की देन है। स्मरणीय है कि वेगनर के महाद्वीपीय प्रवाह सिद्धान्त पर आश्रय ग्रहण करने वाले एलन यच० स्ट्रालर की 'असंगत सिद्धान्त' तथा 'nonsense' की टिप्पणी<sup>1</sup> स्वयं में एक असंगत अभिवृत्ति है क्योंकि वेगनर का सिद्धान्त भले ही मान्य न हो परन्तु उन्होंने विद्वानों को इस दिशा में कार्य करने के लिए प्रेरित अवश्य किया। महाद्वीपीय प्लेट-चलन (Plate movement) द्वारा प्रवाह या विस्थापन के दो प्रमुख साक्ष्य सामने आये हैं—पृथ्वी का पुराचुम्बकीय क्षेत्र (Palaeomagnetic field) तथा सागर-नितल का प्रसारण (Sea floor spreading)

**पुराचुम्बकत्व (Palaeomagnetism)**

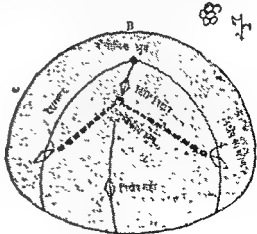
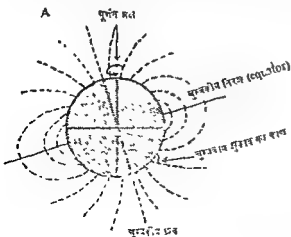
**सामान्य प्राचय—**1600 ई० में साम्राज्ञी एलिजाबेथ प्रथम के चिकित्सक विलियम गिलबर्ट ने प्रतिपादित किया कि पृथ्वी एक ध्रुव चुम्बक (Giant magnet) की तरह व्यवहार करती है। उन्होंने यह भी बताया कि पृथ्वी का चुम्बकत्व उसके आन्तरिक भाग से उत्पन्न होता है। पृथ्वी का चुम्बकीय क्षेत्र (Magnetic field) एक बृहत् शलाका चुम्बक (Bar magnet) के समान होता है जिसके दो ध्रुव (dipole) होते हैं तथा वह पृथ्वी के केन्द्र में स्थित होता है तथा वह पृथ्वी के परिभ्रमण अक्ष की संरेखण दिशा (लगभग) में ही होता है। (aligned approximately along the axis of rotation)। जब इस शलाका चुम्बक की अनुदैर्घ्य अक्ष को विस्तृत करते हैं तो वह पृथ्वी की सतह को दो स्थानों पर प्रतिच्छेदित करती है। इन्हीं को उत्तरी तथा दक्षिणी चुम्बकीय ध्रुव कहते हैं। पृथ्वी का दक्षिणी चुम्बकीय ध्रुव उसने भौगोलिक उत्तरी ध्रुव के पास एवं उत्तरी चुम्बकीय ध्रुव उसने भौगोलिक दक्षिणी ध्रुव के

1. The most preposterous notion presented to the geological community in the twentieth century came from a scientist who should have known better than to deal in such non sense Alan H Strahler and Arthur N. Strahler . Geography and Man's Environment John Wiley and Sons, 1977, pp. 150.

पास होता है। यदि किसी छोटे चुम्बक को पृथ्वी की सतह पर स्वतंत्र रूप में निःशब्दित किया जाय तो पृथ्वी का दक्षिणी चुम्बकीय ध्रुव लघु चुम्बक के उत्तरी ध्रुव को आकर्षित करता है एवं पृथ्वी का उत्तरी चुम्बकीय ध्रुव लघु चुम्बक के दक्षिणी ध्रुव को आकर्षित करता है। यह तथ्य सामान्य व्यक्ति के लिए आवश्यकतक लग सकता है परन्तु यह वास्तविकता है क्योंकि जब दो चुम्बक की पाम लाया जाता है तो उनके समान ध्रुव एक दूसरे को प्रतिकर्षित (repel) करते हैं परन्तु अमान ध्रुव एक दूसरे को आकर्षित (attract) करते हैं। जब हम चुम्बक को पृथ्वी की सतह के किसी भी स्थान पर स्वतंत्र रूप में निःशब्दित करते हैं तो वह भौगोलिक उत्तर तथा दक्षिण को पूर्णतया इंगित नहीं करता है क्योंकि पृथ्वी का चुम्बक पृथ्वी के भौगोलिक उत्तरी तथा दक्षिणी अक्ष रेखा पर पूर्ण रूप में नहीं होता है। इस तरह पृथ्वी के चुम्बक-अक्ष एवं उसके भौगोलिक उत्तर-दक्षिण अक्ष में कोणिक झुकाव होता है। इसे चुम्बकीय दिक्पात (Magnetic declination) कहते हैं। अर्थात् पृथ्वी की सतह के किसी भी स्थान पर स्वतंत्र रूप में निःशब्दित चुम्बक की दिशा एवं पृथ्वी के भौगोलिक उत्तर-दक्षिणी अक्ष की दिशा के बीच के कोणिक झुकाव को चुम्बकीय दिक्पात कहते हैं। स्वतंत्र रूप से निःशब्दित चुम्बकीय सुई तथा पृथ्वी के क्षैतिज तल के बीच को चुम्बकीय झुकाव (Magnetic inclination) या नति (dip) कहते हैं। उत्तरी गोलार्द्ध में यदि ध्रुव पर चुम्बक को स्वतंत्र रूप से निःशब्दित किया जाय तो उसका उत्तरी ध्रुव

पृथ्वी के चुम्बकीय दक्षिणी ध्रुव के पास होने के कारण अधिक आकर्षित होगा तथा चुम्बकीय सुई लम्ब हो जायेगी। परिणामस्वरूप लघु चुम्बक का उत्तरी ध्रुव नीचे की ओर इंगित करेगा। दक्षिणी गोलार्द्ध में इसके विपरीत स्थिति होगी (लघु चुम्बक का दक्षिणी ध्रुव पृथ्वी के चुम्बकीय उत्तरी ध्रुव के पास होने के कारण अधिक आकर्षित होगा)। इस तरह दोनों ध्रुवों पर चुम्बकीय नति  $90^\circ$  की होगी। पृथ्वी की सतह के किसी स्थान पर लघु चुम्बक क्षैतिज हो जाता है वहाँ पर चुम्बकीय नति शून्य होती है। इस तरह के वे सभी स्थानों जहाँ पर स्वतंत्र रूप में निःशब्दित चुम्बक क्षैतिज हो जाता है को मिलाने वाली कल्पित रेखा को चुम्बकीय निरक्ष (Magnetic equator) कहते हैं तथा वहाँ पर चुम्बकीय नति शून्य होती है। यदि चुम्बकीय निरक्ष से स्वतंत्र रूप से निःशब्दित चुम्बक (freely suspended magnet) को धीरे-धीरे चुम्बकीय उत्तरी ध्रुव (पृथ्वी के चुम्बकीय दक्षिणी ध्रुव) की ओर प्रियतया जाय तो चुम्बकीय नति बढ़ती जाती है तथा चुम्बक चुम्बकीय उत्तरी ध्रुव पर लम्ब हो जाता है (नति  $90^\circ$ )। चित्र 88 A एवं 88 B में क्रमशः चुम्बकीय नति एवं दिक्पात को दर्शाया गया है। स्मरणীয় है कि पृथ्वी के 'सामान्य द्विध्रुव चुम्बकीय क्षेत्र' (Simple dipole magnetic field) की तीव्रता (intensity) में स्थानीय एवं कालिक (Spatial and temporal) में परिवर्तन होने रहते हैं।

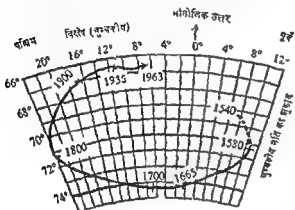
1546 में मन्दन में जब दिक्चुम्बक द्वारा चुम्बकीय दिक्पात का अन्त किया गया तो वह भौगोलिक उत्तर



चित्र 88

भू चुम्बकीय क्षेत्र (A) चुम्बकीय झुकाव या नति (inclination) तथा चुम्बकीय दिक्पात (declination)

से  $8^{\circ}$  पू० दे० पर पाया गया। 1665 में चुम्बकीय दिक्पात भौगोलिक उत्तर पर अध्यारोपित था जबकि 1823 में  $24^{\circ}$  पू० देशान्तर तक पहुँच गया। इसके बाद से चुम्बकीय दिक्पात में पुनः ह्रास प्रारम्भ हो गया। 1975 में इसकी स्थिति  $7^{\circ}$  पू० दे० थी। चित्र 89 में औसत चुम्बकीय बल की दिशा में परिवर्तन (1540 से) को लन्दन जिला में अवित चुम्बकीय दिक्पात तथा झुकाव (Magnetic declination and inclination) के विवरण द्वारा प्रदर्शित किया गया है।



चित्र 89

लन्दन जिले में औसत चुम्बकीय बल (F) की दिशा में 1540 से परिवर्तन। इस परिवर्तन को चुम्बकीय झुकाव (magnetic inclination) तथा चुम्बकीय दिक्पात/विवेक (declination) के आँकड़ों के आधार पर प्रदर्शित किया गया है (होम्स-1971 के अनुसार)।

भू-चुम्बकीय क्षेत्र का स्रोत—चुम्बकीय क्षेत्र के बल में, जैसा कि ऊपर प्रदर्शित किया गया है, परिवर्तन होते रहे हैं। उनका सम्बन्ध स्थल-सागर के वितरण, भू-वैज्ञानिक संरचना या शैलों से नहीं है। इस तथ्य से यह आभास मिलता है कि भू-चुम्बकीय क्षेत्र की उत्पत्ति का सम्बन्ध मैटिल (mantle) से न होकर बाह्य अन्तरतम (outer core) से है, क्योंकि भू-चुम्बकीय क्षेत्र में  $0.18^{\circ}$  प्रतिवर्ष की दर से पश्चिम की ओर घिसकाव होता है। इससे प्रमाणित होता है कि भू-चुम्बकीय क्षेत्र का परिभ्रमण (rotation) पृथ्वी के परिभ्रमण से मन्द गति से सम्पादित होता है। प्रकारान्तर से यह सिद्ध होता है कि

पृथ्वी का अन्तरतम ऊपर स्थित मैटिल की अपेक्षा मन्द गति में परिभ्रमण करता है। ज्ञातव्य है कि चुम्बकीय क्षेत्र पृथ्वी के अन्तरतम के पदार्थों की स्थायी विणेषता नहीं है, अर्थात् चुम्बकीय (magnetization) स्थायी प्रक्रिया नहीं है वरन् इसका सतत जनन होता रहता है<sup>1</sup>।

यदि स्थायी चुम्बकीय (permanent magnetization) सम्भव नहीं है तो उसका सतत जनन एवं पोषण (Continuous production and maintenance) तभी सम्भव हो सकता है जबकि पृथ्वी के अन्तरतम में अत्यधिक विद्युतीय संचालकता (high electric conductivity) से युक्त पदार्थ हो जिनमें विद्युतीय तरंगों का जनन हो सके। इस तरह की स्थिति धात्विक तरल (metalliquid) पदार्थों में ही सम्भव हो सकती है। यह विशेषता बाह्य अन्तरतम में ही पायी जाती है। इस तरह बाह्य अन्तरतम स्वयं ऊर्जित डायनमो (self-exciting dynamo) का कार्य करता है। पृथ्वी के अन्तरतम से निकली ऊर्जा विद्युत तरंग में परिवर्तित होती है जो अन्तरतम के चतुर्दिक व्याप्त रहती है तथा पृथ्वी के द्वि-ध्रुव चुम्बकीय क्षेत्र (di-pole magnetic field) को जन्म देती है। ~

भू-चुम्बकीय क्षेत्र के पोषण के लिए आवश्यक ऊर्जा के तीन सम्भावित स्रोत बताये जाते हैं—(i) पृथ्वी के अन्तरतम में रेडियो सक्रिय पदार्थों से निकली ऊर्जा। इस ऊर्जा पर सन्देह व्यक्त किया जाता है। यदि पृथ्वी के अन्तरतम से रेडियो सक्रिय पदार्थों द्वारा सचमुच तरंगों के पोषण के लिए ऊर्जा की आपूर्ति मान ली जाय तो मैटिल में भी यही स्थिति हो सकती है। ऐसी दशा में पृथ्वी की क्रस्ट किस शीतल हो सकती भी? (ii) मैटिल से लाह का नीचे की ओर अन्तरतम में स्थानान्तरण होता है। इस तरह की प्रक्रिया से अन्तरतम में गुरुत्व बल मुक्त हो जाता है जो ऊर्जा उत्पन्न करता है। इस सम्भावना के विरोध में कहा जाता है कि यदि यह प्रक्रिया सही मान ली जाय तो भी इसका बहुत पहले ही स्थगन हो गया होगा। (iii) आन्तरिक अन्तरतम (inner core) में पदार्थों का बाह्य अन्तरतम (outer core) में परिवर्तन होता है जिन कारण बाह्य अन्तरतम नीचे से निकली ऊर्जा से गर्म होता है। (क्रस्ट, मैटिल तथा कोर

- 1 The magnetic field cannot be a permanent property of the material of the core must therefore be continuously produced and maintained.

के स्वभाव के विशद विवरण के लिए देखिये अध्याग 6 पृथ्वी की आन्तरिक संरचना)।

### अवशिष्ट चुम्बकत्व (Remanent Magnetism)

भूकेंद्रीय अक्षीय द्विध्रुव चुम्बकीय क्षेत्र (geocentric axial dipole magnetic field) पृथ्वी के चुम्बकत्व का 95 प्रतिशत भाग प्रदर्शित करता है। शेष भाग का प्रतिनिधित्व असमान, छिटपुट तथा कमजोर चुम्बकीय क्षेत्रों द्वारा होता है। लौह युक्त गर्म तरल लावा का जब शीतलन होता है तो उसमें चुम्बकन हो जाता है अर्थात् आग्नेय शैल में चुम्बक का निर्माण हो जाता है। चुम्बकन का रेकार्ड शैलों में दस्तावेज के रूप में सुरक्षित हो जाता है। इसे अवशिष्ट चुम्बकत्व कहते हैं। स्मरणीय है कि अवशिष्ट चुम्बकत्व का चुम्बकीय दिक्पात (magnetic inclination) या नति (dip) वही होती है जो उस समय आग्नेय शैल के निर्माण के समय भूचुम्बकीय क्षेत्र की होती है। इस अवशिष्ट चुम्बकत्व की शक्ति उस समय शीतल होते हुए लावा के खनिज पदार्थों के संगठन तथा उस समय के भूचुम्बकीय क्षेत्र की सक्रियता पर आधारित होती है। इसी तरह अवसादी शैल के निर्माण के समय भी उसमें चुम्बकत्व आ जाता है। अवसादी शैल के निर्माण (घनी भवन) के समय तथा उनके बाद रासायनिक परिवर्तनों के कारण चुम्बकत्व नष्ट (कभी-कभी, जबकि वह कमजोर होता है) भी हो जाता है। इस अवशिष्ट चुम्बकत्व का गाल्वेनोमीटर (galvanometer) नामक सूक्ष्म चुम्बक-मापक यंत्र से मापन तथा अभिलेखन किया जाता है।

### पुराचुम्बकीय पुनर्रचना (Palaeomagnetic Reconstruction)

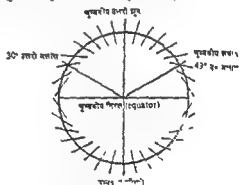
पुराचुम्बकीय पुनर्रचना के लिए एव ही समय में निर्मित जैनों के नमूने लिए जाते हैं तथा सर्वप्रथम उनका दिक्-विन्यास (orientation) अंकित किया जाता है। स्मरणीय है कि विवर्तनिक घटनाओं (tectonic events) के कारण मौलिक दिक्विन्यास में कुछ परिवर्तन हो जाने की सम्भावना रहती है। तत्पश्चात् चुम्बकत्वमापी यंत्र (magnetometer) की सहायता से उक्त शैल के निर्माण के समय स्थानीय बल व परिणाम, दिक्पात तथा झुकाव (magnitude, declination and inclination of local force) का परिमाणन किया जाता है। स्मरणीय है कि अवशिष्ट चुम्बकत्व के समय यह अवधारणा कर ली जाती है कि उस समय भू-

चुम्बकीय क्षेत्र (geomagnetic field) आकार में द्विध्रुवीय (dipolar) रही होगी तथा औसतन भूचुम्बकीय ध्रुव एव भौगोलिक ध्रुव में लगभग सामंजस्य (approximate coincidence) रहा होगा। इस अवधारणा (assumption) के अनुसार किसी निश्चित समय तथा निश्चित क्षेत्र की शैल के औसत पुराचुम्बकीय झुकाव या नति (palaeomagnetic inclination or dip)  $I$ , के आधार पर उस समय उस क्षेत्र के अक्षांश को निम्न समीकरण के आधार पर इंगित किया जा सकता है—

$$\tan I = 2 \tan \lambda$$

जबकि  $\lambda =$  अक्षांश

ज्ञात अक्षांश ध्रुव की दूरी निश्चित कर देता है तथा पुराचुम्बकीय दिक्पात (palaeomagnetic declination  $= D$ ) की सहायता से ध्रुव की दिशा ज्ञात हो जाती है। इस तरह ज्ञात क्षेत्र (जहाँ से पुराचुम्बकीय पुनर्रचना के लिए शैल का नमूना लिया गया है) से भौगोलिक ध्रुव की दूरी तथा दिशा के ज्ञान के आधार पर उस समय के ग्लोब के ध्रुव की स्थिति जबकि नमूनार्थ ली गई शैल का चुम्बकन हुआ था, ज्ञात हो जाती है।



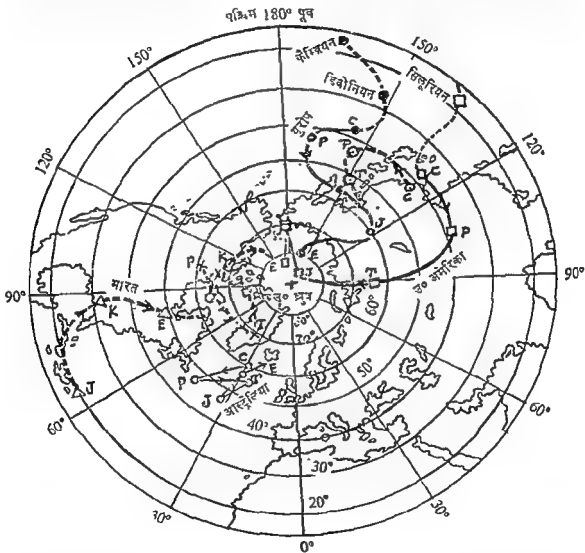
चित्र 90

भूकेंद्रीय अक्षीय द्विध्रुवीय चुम्बकीय क्षेत्र (geocentric axial dipole magnetic field) के चुम्बकीय झुकाव (inclination) तथा संगत (corresponding) अक्षांश के बीच सम्बन्ध का प्रदर्शन। उदाहरण के लिये 40° के झुकाव का सम्बन्ध 32° उत्तरी अक्षांश से होता है।

उपसृत प्रक्रिया के आधार पर ध्रुव के निर्धारण में कुछ त्रुटियाँ आ सकती हैं। जैसे—(i) पुराचुम्बकीय पुनर्रचना के समय चुने गये क्षेत्र पर भूचुम्बकीय क्षेत्र (मुख्य) के प्रभाव की ही ध्यान में रखा जाता है, गैर चुम्बकीय क्षेत्रों की ध्यान में नहीं रखा जाता है, (ii)

नमूनार्थ ली गईं शैल में चुम्बकीय परिवर्तन हो सकते हैं तथा (iii) दिक्बेन्वास (orientation) एवं प्रयोग के समय कुछ गलतियाँ हो सकती हैं। इन त्रुटियों के निवारण के लिये एक ही आयु की शैलों के कई नमूने लिये जाते हैं तथा उनके अवशिष्ट चुम्बकत्व के अध्ययन के बाद साध्यकीय दिक्बेन्वास के आंशिक औसत परिकल्पन करके ध्रुवों की स्थिति ज्ञात की जाती है।

उपर्युक्त आधार पर सर्वप्रथम जापान, इटली, फ्रान्स आदि देशों में सेनोजोइक लावा के पुराचुम्बकीय पुनर्रचना के आधार पर ध्रुवों की स्थितियाँ ज्ञात की गईं। तत्पश्चात् 1950-60 दशक में ब्लैकेट (Blackett) तथा उनके सहयोगियों द्वारा ब्रिटिश द्वीप पर ट्रियासिक युग के वालुका-प्रस्तर के अध्ययन के आधार पर 200 मिलियन वर्ष पहले ध्रुवों की स्थितियों का निर्धारण



चित्र 91

पुराचुम्बकीय ध्रुवीय-परिघ्रमण वक्र (paleo-magnetic polar wandering curves) का विभिन्न सन्दर्भों द्वारा प्रदर्शन। काला बिन्दु—यूरोप, स्याला वर्ण—उ. अमेरिका, X—अफ्रीका,  $\Delta$ —भारत,  $\circ$ —आस्ट्रेलिया। विभिन्न युगों की नमूनार्थ शैलों (पुराचुम्बकत्व के आकड़ों के लिये) के काल को विभिन्न अक्षरों से देखाया गया है—E इयोसीन युग, K-क्रीटेशियस, J-जुरैसिक, T-ट्रियासिक, P-परमियन तथा C=कार्बोनिफेरस।

किया गया जिससे ज्ञात हुआ कि वर्तमान समय में तथा 200 मिन्नियन वर्ष पूर्व ध्रुवों की स्थितियों में पर्याप्त परिवर्तन न्यु है। इस ज्ञान के आधार पर यह राज सामने आता कि पृथ्वी की सतह पर चुम्बकीय ध्रुवों की स्थितियों में परिभ्रमण हुए हैं। यहाँ पर दो अवधारणायें सामने आती हैं—

(i) यदि चुम्बकीय ध्रुव ने स्वयं परिभ्रमण (wandering) किये तो महाद्वीपों की स्थितियों में स्थायित्व रहा होगा। 1956 तक भू-भौतिकीविदों (geophysicists) की यह मान्यता रही है कि बिना महाद्वीपीय विस्थापन के ध्रुवीय परिभ्रमण (polar wandering) हुए हैं।

(ii) चुम्बकीय ध्रुवों का परिभ्रमण महाद्वीपीय विस्थापन में कारण हुआ है। अवशिष्ट पुराचुम्बकीय पुनर्रचना के आधार पर प्राप्त आकड़ों के अनुसार ध्रुवीय परिभ्रमण वक्र (polar wandering curves) की रचना की गई। यह सामान्य सिद्धान्त है कि यदि महाद्वीपीय विस्थापन नहीं हुआ है तो किसी निश्चित समय में विभिन्न महाद्वीपों के लिए छोड़े गये ध्रुवीय परिभ्रमण वक्र एक जैसे होंगे। यदि एकाकी महाद्वीप के ध्रुवीय परिभ्रमण वक्र पर दृष्टिपात किया जाय तो स्पष्ट होता है कि चुम्बकीय ध्रुवों की स्थितियों में पर्याप्त परिभ्रमण हुए हैं। परन्तु जब विभिन्न महाद्वीपों के ध्रुवीय परिभ्रमण वक्रों (चित्र 91) पर दृष्टिपात किया जाय तो वे एक दूसरे में विभिन्न तज़र आते हैं। इस तथ्य के आधार पर महाद्वीपों के स्थायित्व तथा ध्रुवों के परिभ्रमण की संकल्पना का स्वयं अस्वीकरण (rejection) हो जाता है और महाद्वीपीय विस्थापन की संकल्पना वास्तविकता बन जाती है। इस आधार पर प्रमाणित हो जाता है कि यदि महाद्वीपों की सापेक्ष स्थितियों (relative positions) में परिवर्तन हुए हैं तो एक महाद्वीप की समकालीन शैलों द्वारा निर्धारित निश्चय प्रकार की ध्रुवीय स्थिति दूसरे महाद्वीप पर ध्रुवीय स्थिति के भिन्न प्रकार की होगी। इस तथ्य की और सरल रूप में व्यक्त किया जा सकता है—

जब तक दो महाद्वीप जुड़े हैं या एक दूसरे के सम्बन्ध में प्रवाहित नहीं हो रहे हैं तब तक दोनों महाद्वीपों के ध्रुवीय परिभ्रमण वक्र एक ही प्रकार के होंगे। यदि वेगनर के पेंजिया पर दृष्टिपात किया जाय तो पश्चिम युग के अन्त तक सारे महाद्वीप पेंजिया के रूप में समान थे। यदि यह स्थिति थी तो पैलिओमोडक कल्प में सभी महाद्वीपों के लिए एक ही पुराचुम्बकीय ध्रुव होना

चाहिए। वर्तमान महाद्वीपों की पैलिओमोडक की स्थिति में मिलाकर जब ध्रुवीय परिभ्रमण वक्र तैयार किया गया तो अपर्युक्त तथ्य सत्य प्रतीत होता है। विभिन्न महाद्वीपों के ध्रुवीय परिभ्रमण वक्र अन्तिम दिशात्मिक युग से अलग-अलग होते हैं।

यह सत्यापित होता है कि पुराचुम्बकाय पुनर्रचना (palaeomagnetic reconstruction) के आधार पर प्राप्त आँकड़ों के अनुसार विभिन्न महाद्वीपों के ध्रुवीय परिभ्रमण वक्र के आधार पर न केवल महाद्वीपीय विस्थापन की संकल्पना प्रमाणित हो जाती है अपितु वेगनर के पेंजिया के विभंजन तथा विभिन्न महाद्वीपों के अलग-अलग विस्थापन की वास्तविक प्रक्रिया का सत्यापन भी हो जाता है।

**ध्रुवता का उल्लमण/विपरीत्य (Reversals of Polarity)**

पुराचुम्बकत्व (palaeomagnetism) के अध्ययन के समय यह तथ्य धामने आया कि कुछ शैलों का चुम्बकन (magnetization) पृथ्वी के मुख्य चुम्बकीय क्षेत्र के अनुसार न होकर उसके विपरीत दिशा में हुआ है। 1950-60 दशक में यह सत्यापित हो गया कि विपरीत दिशा में चुम्बकित (reversely magnetized) शैलों का पाया जाना असाधारण घटना नहीं है बरन् सार्वत्रिक है। प्रयोगों के आधार पर यह ज्ञात हुआ है कि भूतल की लगभग 50 प्रतिशत शैलों में चुम्बकन पृथ्वी के मुख्य चुम्बकीय क्षेत्र के विपरीत दिशा में हुआ है। ज्ञातव्य है कि जब किसी शैल का चुम्बकन (magnetization) होता है तो वह पृथ्वी के मुख्य चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा में ही होता है। इस सम्बन्ध में दो सम्भावनायें व्यक्त की जाती हैं—

(i) जिस समय शैलों का चुम्बकन हो रहा होगा उस समय कुछ शैलों का चुम्बकन पृथ्वी के मुख्य चुम्बकीय क्षेत्र के विपरीत दिशा में सम्पादित हुआ होगा अथवा प्रादम्भ में इन शैलों का चुम्बकन पृथ्वी के मुख्य चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा में अनुरूप ही हुआ होगा। तदनन्तर ये विपरीत दिशा में हो गयी होगी। इस प्रक्रिया को स्वतः उल्लमण (self reversal) कहते हैं।

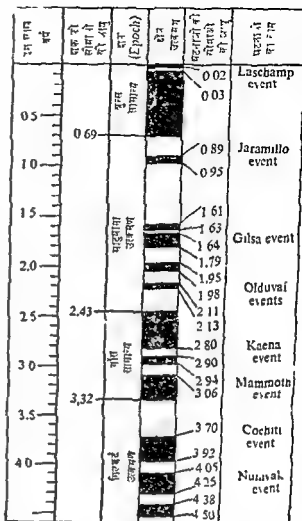
(ii) विपरीत दिशा में चुम्बकित शैलों का चुम्बकन मौलिक रूप से पृथ्वी के मुख्य चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा में ही हुआ होगा। बाद में पृथ्वी के मुख्य चुम्बकीय क्षेत्र में ही उल्लमण (reversal) हो गया होगा। इसे चुम्बकीय क्षेत्र का उल्लमण (field reversal) कहते हैं।

**स्वतः उल्लमण (self reversal) के पराग**

(Neel) महोदय ने कई सैद्धान्तिक प्रक्रियाओं का उद्देश्य किया है तथा यह प्रमाणित करने का भरपूर प्रयास किया है कि चट्टानों में चुम्बकन के समय स्वतः उत्क्रमण सम्भव है। नील के अलावा अन्य लोगों ने भी कई सैद्धान्तिक सम्भावनाएँ प्रस्तुत की हैं परन्तु जब इन सिद्धान्तों या प्रक्रियाओं (mechanism) के आधार पर भूतल की विपरीत दिशा में चुम्बकित शैलों की व्याख्या का प्रयास किया जाता है तो मफलता नहीं मिलती है। केवल जापान के माउण्ट हारुना (Haruna) के लावा का प्रयोगशाला में अध्ययन करने पर स्वतः उत्क्रमण का सत्यापन हो पाया है।

उपर्युक्त सम्भावना के तारतम्य हो जाने पर यह सम्भाव्य है कि शैलों में विपरीत दिशा में चुम्बकन उस समय हुआ होगा जबकि पृथ्वी के मुख्य चुम्बकीय क्षेत्र में वैपरीत्य (उत्क्रमण) हो गया होगा। यह अनुमान किया जाता है कि आधे समय तक द्विध्रुवीय चुम्बकीय क्षेत्र (dipole magnetic field) सामान्य दिशा में (normal direction) और आधे समय तक विपरीत दिशा में रहा होगा। परिणामस्वरूप भूतल की 50 प्रतिशत शैलों में चुम्बकन सामान्य दिशा में और 50 प्रतिशत का विपरीत दिशा में चुम्बकन हुआ होगा। इस सम्भावना में समय-सहसम्बन्ध (time correlation) का सबसे सबल तथा विश्वासजनक तर्क है। निश्चित ज्ञात समय में यदि पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्र में उत्क्रमण (reversal) होता है तो उस समय सम्पूर्ण शैलों (जिनका निर्माण उस समय होता है) में विपरीत दिशा में चुम्बकन होगा। इसी तरह किसी निश्चित ज्ञात समय में यदि चुम्बकीय क्षेत्र सामान्य दिशा में होगा तो उस समय निर्मित होने वाली सभी शैलों का चुम्बकन सामान्य दिशा में होगा। इसके विपरीत स्वतः उत्क्रमण किसी समय हो सकता है। इसमें समय-महसम्बन्ध नहीं होता है। यदि स्वतः उत्क्रमण हुआ होता तो किसी निश्चित समय में निर्मित शैलों में कुछ का चुम्बकन सामान्य दिशा में और कुछ का उत्क्रमण दिशा में हुआ होता, जब कि ऐसा नहीं हुआ है। एक समय में निर्मित शैलों का चुम्बकन एक ही दिशा में (चाहे सामान्य या उत्क्रमण) हुआ है।

4.5 मिलियन वर्ष तक पुरानी शैलों का तिथि-निर्धारण करके उनकी चुम्बकीय प्रवृत्ता (magnetic polarity) का मापन किया गया है। इनमें सुनिश्चित काल अनुक्रम (time sequence) पाया जाता है। इस आधार पर विगत 4.5 मिलियन वर्ष तक की शैलों में



चित्र 92

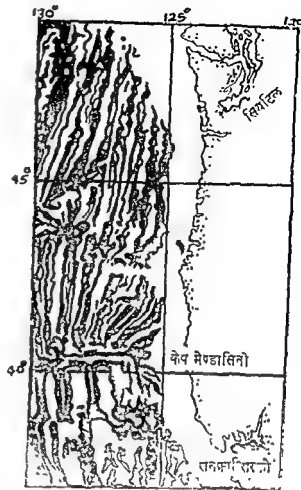
भूचुम्बकीय क्षेत्र के उत्क्रमण (reversal) का समय-मापक (time scale)। A Cox (1969) के अनुसार।

एक समय में निर्मित सभी शैलों में समान प्रवृत्ता (same polarity) पायी जाती है। चित्र 92 में 4.5 मिलियन वर्ष तक पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्र में उत्क्रमण अथवा प्रवृत्त उत्क्रमण (polarity reversals) का काल-अनुक्रम समय मापक के रूप में प्रदर्शित किया गया है। चित्र 92 से 4 प्रमुख प्रवृत्ता उत्क्रमण (polarity epochs) स्पष्ट होते हैं जिनका नामकरण प्रमुख विद्वानों (Brunhes, Matuyama, Gauss and Gilbert) के आधार पर किया गया है। दो कल्प सामान्य प्रवृत्ता (normal polarity—Gauss तथा Brunhes) एवं दो कल्प उत्क्रमण प्रवृत्ता (reverse polarity—Gilb-

ert and Matuyama) के ह। घटनाओं (events) जो कि लघु समय की होती हैं तथा एक कल्प में कई घटनाएँ होती हैं) का नामकरण उन स्थानों के आधार पर किया गया है जहाँ पर सर्वप्रथम अवशिष्ट चुम्बकत्व का अध्ययन किया गया था। स्मरणीय है कि चुम्बकीय क्षेत्र में उत्क्रमण (reversal) के पहले भूचुम्बकीय तीव्रता (geomagnetic intensity) में ह्रास प्रारम्भ हो जाता है तथा यह सामान्य मूल्य से घटकर एक चौथाई रह जाती है। इसके साथ ही ध्रुवों में अस्थिरता आ जाती है और वे बृहत् वृत्त (great circle) पथ के सहारे घूम कर प्रतिध्रुवस्थ (antipodal) स्थिति पर पहुँच जाते हैं (विपरीत स्थिति)। तदन्तर चुम्बकीय क्षेत्र अपना सामान्य शक्ति को प्राप्त कर लेता है। इस सम्पूर्ण प्रक्रिया का कार्यान्वयन 10,000 वर्षों में होता है और ध्रुवों का वास्तविक भ्रमण 5000 वर्षों से कम अवधि में पूर्ण होता है।

### सागर-नितल का प्रसरण (Sea floor Spreading)

सागर-नितल के प्रसरण की संकल्पना का प्रतिपादन सर्वप्रथम प्रिन्स्टन विश्वविद्यालय के प्रोफेसर हैरी हेस (Harry Hess) ने 1960 में किया। हेस को संकल्पना सागर भूवैज्ञानिकों (marine geologists) तथा भू-भौतिकीविदों के प्रारम्भिक कार्यों पर आधारित थी। 1962 में मैसन (Mason of the Scripps Institute of Oceanography) ने प्रशान्त महासागर में चुम्बक-मापीयन (magnetometer) की सहायता से सागर-नितल की धीलों के चुम्बकत्व में सम्बन्धित महत्वपूर्ण सूचनाएँ प्राप्त कीं। तदन्तर इन्होंने उत्तरी अमेरिका के पश्चिमी तट (मेक्सिको में ब्रिटिश कोलम्बिया तक) के सहारे प्रशान्त महासागर के नितल का सर्वेक्षण किया। सर्वेक्षण के दौरान चुम्बकीय विसंगति (magnetic anomalies) के अंकड़ों को एक चार्ट पर जब प्रदर्शित किया गया तो उत्तर-दक्षिण दिशा में लम्बी पट्टियों (stripes) का स्पष्ट प्रारूप सामने आया (चित्र 93)। इन आधारों पर हेस ने प्रतिपादित किया कि मध्य महासागरीय कटक मैग्नटल से उठने वाली सबहल तरंगों के ऊपर स्थित हैं। इन कटक के सहारे नये पदार्थों (सावा) का निर्माण होता है तथा इस तरह से नवनिर्मित क्रस्ट कटक के दोनों ओर सरकती जाती है। इस प्रकार हेस के अनुसार सागर-नितल में प्रसार होता है (मध्य



चित्र 93

उत्तरी अमेरिका के सिमाटिक तथा एनफासिनी नगर के मध्य पश्चिमी तट में दूर प्रशान्त महासागरीय नितल में घनात्मक चुम्बकीय विसंगति (positive magnetic anomalies) का प्रारूप (pattern, घारी-दार प्रारूप)।

महासागरीय कटक के सहारे तथा महासागरीय खड्ड के सहारे क्रस्ट का विनाश होता है।

1963 में वाइन तथा मैथ्यू (F J Vine and Matthews) ने हिन्द महासागर में कार्ल्सबर्ग कटक (Carlsberg ridge) के मध्यवर्ती भाग का चुम्बकीय सर्वेक्षण किया तथा सामान्य चुम्बकन की अवधारणा के आधार पर चुम्बकीय परिच्छेदिका का परिकल्पन किया। जब इस परिच्छेदिका की तुलना सर्वेक्षण के समय प्राप्त विवरण के आधार पर तैयार की गई चुम्बकीय विमंगति

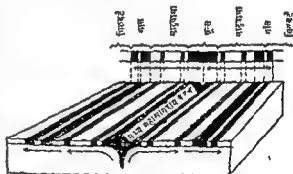


परिच्छेदिका से की गई तो दोनों में पर्याप्त अन्तर पाया गया। कटक के दोनों ओर बेसाल्ट क्रस्ट की 20 किमी० चौड़ी पट्टियों में विभक्त करके, जिनमें सामान्य तथा उल्टक्रम चुम्बकीय (normal and reverse magnetization) एकान्तर रूप में माना गया (और ऐसा होता भी है), चुम्बकीय परिच्छेदिका का परिकलन किया गया तो इसमें और पर्यवेक्षित परिच्छेदिका (Observed profile) में पूर्ण सामान्यता पाया गया। डैट्ज तथा हेस (Deitz and Hess) की सागर-नितल-प्रसरण-संकल्पना एवं पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्र में सामयिक उल्टक्रमण के साक्ष्यों के आधार पर वाइन तथा मैथ्यू ने बताया कि मध्य महासागरीय कटक के सहारे बेसाल्ट की परत का निर्माण यदि ऊपर उठती सवहन तरंग के द्वारा होता है तो जिस समय साबा सगठित होता है उसी समय उसका चुम्बकन पृथ्वी के मुख्य चुम्बकत्व क्षेत्र की दिशा में ही होता है और कटक के दोनों ओर चुम्बकीय विसंगति का प्राह्य धारीदार (एकान्तर रूप में) हो जाता है। और स्पष्टीकरण के लिये व्यक्त किया जा सकता है कि जब महासागरीय कटक के सहारे नये लावा का उद्गेलन होता है तो वह प्रारम्भिक बेसाल्ट परत की दो बराबर भागों में विभक्त कर देता है तथा ये दोनों भाग कटक के दोनों ओर क्षतिग्रस्त रूप में सरक जाते हैं। काक्स, डोयल, डलरिम्पल (Cox, Doell and Dalrymple) के 1964, Opdyke (1966) तथा Heirtzler (1966) आदि के द्वारा विभिन्न क्षेत्रों में अध्ययन के बाद यह सत्यापित हो गया कि (i) पृथ्वी के मुख्य चुम्बकत्व क्षेत्र में उल्टक्रमण होता है, (ii) मध्य महासागरीय कटक के दोनों ओर सामान्य एवं उल्टक्रमण चुम्बकीय विसंगति एकान्तर (alternate) रूप में पायी जाती है, (iii) कटक के दोनों ओर चुम्बकीय विसंगतियों में पूर्ण समरूपता (Symmetry) पायी जाती है तथा (iv) बेसाल्ट शैल या अवसादी शैल के चुम्बकन के आधार पर 4.5 मिलियन वर्षों के लिए परिकलित पुराचुम्बकीय कल्प एवं घटनाओं के समय अनुक्रम (time sequence of palaeomagnetic epochs and events) में शामल्य पाया जाता है। चित्र 94 में मध्य महासागरीय कटक के दोनों ओर चुम्बकीय पट्टियों (magnetic stripes) के जनन को स्पष्ट किया गया है। साथ में उनके निर्माण के समय मापक की भी दर्शाया गया है। चित्र 93 तथा 94 को देखने से चुम्बकीय क्षेत्र के उल्टक्रमण का एक ही प्रारूप सामने आता है।

उपर्युक्त जाघारों पर यह सत्यापित होता है कि सागर नितल में प्रसरण होता है, मध्य महासागरीय कटक के सहारे नयी बेसाल्ट परत का निर्माण होता है। वह दो बराबर भागों में विभक्त होकर महाद्वीपीय किनारों की ओर (कटक से दूर होती है) सरकती जाती है। कटक के दोनों ओर धनात्मक एवं ऋणात्मक चुम्बकीय विसंगतियाँ (positive and negative magnetic anomalies) पायी जाती हैं जो कि भूचुम्बकीय क्षेत्र के सामान्य परिवर्तन के कारण बनती हैं। सामान्य भू-चुम्बकीय विसंगति क्षेत्र के समय निमित्त तैल में धनात्मक चुम्बकीय विसंगति होगी तथा चुम्बकीय क्षेत्र के उल्टक्रमण (reverse polarity) के समय ऋणात्मक विसंगति होगी।

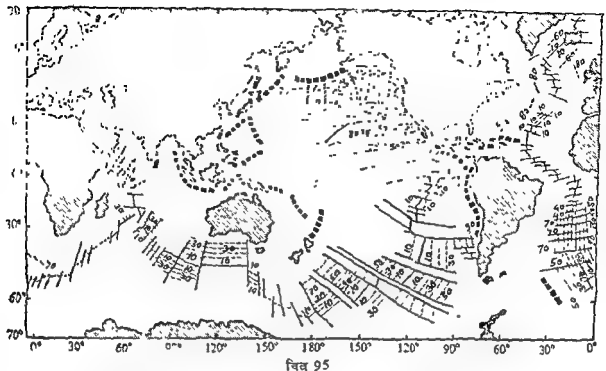
इन तथ्यों के आधार पर चुम्बकीय पट्टियों (magnetic stripes) की आयु का निर्धारण, सागर-नितल के प्रसरण की दर तथा विभिन्न महाद्वीपों के प्रवाह का समय परिकलित किया जा सकता है।

4.5 मिलियन वर्षों तक निर्मित चुम्बकीय पट्टियों का तिथि निर्धारण प्रत्यक्ष रूप से (सर्वेक्षण के दौरान प्राप्त विवरणों के आधार पर) कर लिया गया है। Heirtzler ने 1968 में अलग-अलग महासागरीय नितल के स्थिर



चित्र 94

वाइन तथा मैथ्यूज (Vaine and Mattheus) की संकल्पना के अनुसार मध्य महासागरीय कटक के दोनों ओर चुम्बकीय पट्टियों (magnetic stripes) के निर्माण का ब्लाक डायग्राम द्वारा प्रदर्शन। मध्य सागरीय कटक के नीचे से मैग्मा का ऊपर की ओर उद्गेलन होता है। यह मैग्मा बराबर मात्रा में कटक के दोनों ओर सरकता जाता है। इस तरह समानान्तर चुम्बकीय पट्टियों (मैग्मा के शीतल होते ही उसमें चुम्बकत्व हो जाता है) का निर्माण होता है। इन पट्टियों के निर्माण-काल का नामांकन प्रमुख विद्वानों के नाम के आधार पर किया गया है।



चित्र 95

— समकालिक रेखा मानचित्र (isochron map)। Heritizler आदि ने 1968 में इस मानचित्र की रचना चुम्बकीय पट्टियों (magnetic stripes) के आधार पर यह मानकर किया कि महासागर-नितल का प्रसरण तयान दर से होता है (स्मरणीय है कि विभिन्न सागरीय-नितल की प्रसरण दर अलग-अलग होती है परन्तु एक महासागर-नितल की प्रसरण दर समान मान ली गयी है—विभिन्न समयों में)। बिन्दुदार रेखाओं (समकालिक रेखाएँ) पर अंकित संख्याएँ 10 मिलियन वर्ष के अन्तराल को प्रदर्शित करती हैं। जो कांती रेखाएँ समकालिक रेखाओं के समानान्तर हैं वे मध्य महासागरीय कटक को प्रदर्शित करती हैं। जो रेखाएँ समकालिक रेखाओं का परिच्छेदन करती हैं वे ह्वाप्तर भंग (transform faults) को प्रदर्शित करती हैं। मोटी टूटी वाली रेखाएँ सागरीय खड्ड (ocean trenches) को प्रदर्शित करती हैं।

प्रसरण (अनुमानित) के आधार पर इन चुम्बकीय पट्टियों का 75 मिलियन वर्ष तक का समय-मापक तैयार किया है। तत्पश्चात् सभी महासागरों के लिए समकालिक रेखा (Isochrons, वह रेखा जो समान तिथि के बिन्दुओं को मिलाती है) का निर्माण 10 मिलियन वर्षों के अन्तराल पर किया गया (चित्र 95 में)। 10 मिलियन वर्ष की समकालिक रेखा मध्य महासागरीय भ्रंश को प्रदर्शित करती है। इसी तरह अत्यन्त समकालिक रेखा पर अंकित एक उतना मिलियन वर्ष पूर्व का समय प्रदर्शित करता है। सागर-नितल के प्रसरण की दर का परिकलन दो आधारों पर किया जाता है—(i) समकालिक रेखा की आयु तथा (ii) उनके बीच की दूरी। इस आधार पर गणना करके विभिन्न महासागरों के प्रसरण की दर ज्ञात की गई है। अटलाण्टिक तथा हिन्द महासागर सबसे यद

गति (1 से 1.5 सेण्टीमीटर प्रतिवर्ष) से कमतः जबकि प्रशांत महासागर के प्रसरण की दर (6 सेण्टीमीटर प्रतिवर्ष) सबसे अधिक है। ज्ञातव्य है कि महासागर के प्रसरण की दर आधी होती है। पूर्ण प्रसरण के लिये व्यक्त की गई दर को दोगुना करना होता है। बटक के दोनों ओर समान दर से प्रसरण होता है, यदि प्रसरण की दर एक सेण्टीमीटर प्रतिवर्ष व्यक्त की जाती है तो इसका तात्पर्य कटक के एक ही तरफ का प्रसरण होता है। पूर्ण प्रसरण एक-एक = 2 सेण्टीमीटर होगा। अभिनव अध्ययन के आधार पर तीनो महासागरों के प्रसरण की दर का परिकलन किया गया है—प्रशांत महासागर में सर्वाधिक प्रसरण दर पूर्वी प्रशांत बटक के सहारे भूमध्य रेखा तथा 30° द० अक्षांश के मध्य 6 से 9 सेण्टीमीटर प्रतिवर्ष, दक्षिणी अटलाण्टिक बटक

क सहारे 2 सण्टीमीटर प्रतिवर्ष तथा हिन्द महासागर में 1.5 से 3 सण्टीमीटर प्रतिवर्ष (ये सभी आकड़े आधे हैं) है।

### प्लेट-विवर्तन। सद्धान्त

**सामान्य परिचय**—भूतल का बाह्य भाग आन्तरिक रूप से दृढ़ है परन्तु अपेक्षाकृत पतला है। ऐसे भाग को प्लेट कहा जाता है। इसकी मोटाई 100 से 150 किमी० बतायी जाती है। जिसके अन्तर्गत क्रस्ट तथा ऊपरी मैण्टिल के ऊपरी भाग को सम्मिलित करते हैं। प्लेट की संख्या के विषय में मतान्तर है परन्तु मार्गन (W. J. Morgan 1968) के अनुसार 6 प्रमुख प्लेट (युरेशियन प्लेट, भारतीय प्लेट, अफ्रीकन प्लेट, अमेरिकन प्लेट, प्रशान्त महासागरीय प्लेट आदि) तथा अन्य गोल प्लेट हैं। ये प्लेट सतत गतिशील हैं। ये एक दूसरे के सम्बन्ध में तथा पृथ्वी की परिभ्रमण अक्षरेखा के सम्बन्ध में गतिशील होते हैं। प्रत्येक प्लेट अपने पूर्णतः ध्रुव (Pole of rotation) के चारों ओर वृत्ताकार मार्ग में भ्रमण करता है। कभी एक प्लेट अपने समीपस्थ प्लेट से दूर होता जाता है, दूसरे के करीब आता है, आदि। सारी विवर्तनिक घटनाएँ प्लेट के किनारे पर घटित होती हैं, अतः प्लेट के किनारे इस दृष्टिकोण से सर्वाधिक महत्वपूर्ण होते हैं। चित्र 96 में प्लेट माडल तथा 97 में प्लेट की स्थितियों को दर्शाया गया है।

### प्लेट-किनारे (Plate Margins)

प्लेट के किनारों को तीन प्रकारों में विभक्त किया जाता है।

(i) रचनात्मक किनारा (Constructive Plate Margin)—जिम गोमा के सहारे दो प्लेट एक दूसरे से



चित्र 96

प्लेट—मॉडल। प्लेट—किनारे का प्रदर्शन।

विपरीत दिशा में गतिशील होते हैं उसे विसर्पण (spreading) केन्द्र कहते हैं। इस सीमा के सहारे पृथ्वी अग्राध में सप्त एव तरल मैग्मा ऊपर आता है तथा ठोस नयी

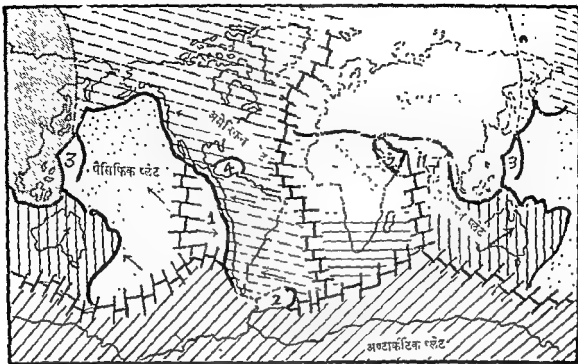
क्रस्ट का निर्माण करता है। इस तरह की घटनाएँ मध्य महासागरीय कटक के सहारे घटित होती हैं। इस तरह दो प्लेट के बीच नवीन पदार्थ तथा क्रस्ट का सृजन होता है, अतः इनके किनारों को रचनात्मक किनारा कहते हैं।

(ii) विनाशात्मक किनारा (Destructive Plate Margin)—जहाँ पर दो प्लेट आपस में टकराते हैं तो उनके किनारों को विनाशात्मक किनारा कहते हैं क्योंकि जिस प्लेट की रचना भारी पदार्थ से हुई रहती है उसका किनारा मुड़कर दूसरे प्लेट के नीचे की ओर चला जाता है जहाँ पर वह नष्ट होकर गहराई में विलीन हो जाता है। इस तरह जितनी नयी क्रस्ट का रचनात्मक प्लेट-किनारे के सहारे निर्माण होता है उतना भाग विनाशात्मक प्लेट किनारे के सहारे नष्ट हो जाता है ताकि पृथ्वी का आकार समवत रहे। इस तरह से पदार्थों का वितरण चार स्थितियों में होता है—(i) महासागरीय खड्ड के सहारे महासागरीय क्रस्ट बेनी आफ (Benioff) मण्डल के सहारे मुड़कर मैण्टिल में विलीन हो जाती है, (ii) जहाँ पर महाद्वीपीय क्रस्ट का दूसरे महाद्वीपीय क्रस्ट के नीचे क्षेपण (underthrusting) होता है, (iii) जहाँ पर महाद्वीपीय क्रस्ट का महाद्वीपीय क्रस्ट के नीचे क्षेपण होता है तथा (iv) जहाँ पर महाद्वीपीय क्रस्ट बलन द्वारा सकरी होती जाती है,

(iii) संरक्षी किनारा (Conservative Plate Margin)—जहाँ पर दो प्लेट एक दूसरे के अगल-बगल सरक जाते हैं और उनमें आपसी अन्तर्क्रिया नहीं हो पाती है वहाँ पर Transform भ्रंश का निर्माण होता है। ऐसे किनारों को संरक्षी किनारा इसलिए कहते हैं कि इनके सहारे न तो नये पदार्थों का निर्माण होता है और न ही पदार्थों का विनाश होता है। चित्र 97 में प्लेट किनारों को प्रदर्शित किया गया है। इस तरह की स्थिति मध्य महासागरीय कटक के पास होती है।

### प्लेट-गति (Plate Motion)

आतन्त्र्य है कि सभी प्लेट एक दूसरे के सम्बन्ध में सतत गतिमान रहते हैं। अर्थात् प्लेट में जो गतियाँ होती हैं वे एक दूसरे में सम्बन्धित होती हैं। जब भी किसी प्लेट की गति या दिशा में परिवर्तन होता है तो दूसरे प्लेट में अन्यत्र परिवर्तन (गति तथा दिशा सम्बन्धी) होता ही है। यदि प्लेट दृढ़ भाग हैं तथा गोलीय पृथ्वी (spherical earth) की सतह पर गतिशील होते हैं तो उनकी गतियों की व्यापक व्यापकता



विनाशात्मक किनारा

रचनात्मक किनारा

## चित्र 97

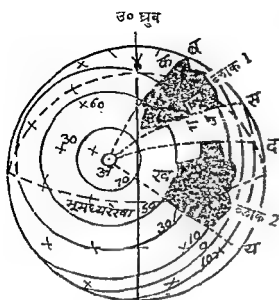
प्लेट का विश्व-वितरण तथा प्लेट किनारों के प्रकार। छ प्रमुख प्लेटों के नाम मानचित्र पर अंकित हैं। शेष प्लेट को सटपाओ द्वारा प्रदर्शित किया गया है—1. पूर्वी प्रशान्त महासागरीय प्लेट या नास्का (Nasca) प्लेट 2. स्कॉटिया (Scotia) प्लेट, 3. फिलीपाइन प्लेट, 4. कैरेबियन प्लेट तथा 5. अरेबियन प्लेट।

सिद्धांत (Euler's geometrical theorem) के आधार पर व्याख्या की जा सकती है।

आयलर-सिद्धांत के अनुसार गोले (sphere) की सतह पर किसी प्लेट की गति एक सामान्य घूर्णन (simple rotation) के रूप में होती है जो कि एक घूर्णन अक्ष के सहारे सम्पादित होती है। यह घूर्णन अक्ष गोले के केन्द्र से होकर गुजरती है। चित्र 98 में एक गोले के ऊपर दो भागों की स्थिति दिखाई गई है। अ घूर्णन अक्ष का केन्द्र है। जब प्लेट गतिशील होता है तो उसके सभी भाग घूर्णन-अक्ष के सहारे समान दूरी पर घूमते हैं (small circle path) के सहारे गतिशील होते हैं। स्मरणीय है कि सरसी प्लेट का किनारा समान दूरी पर समानांतर होता है। इसके विपरीत जिस प्लेट का किनारा इस समान दूरी के समानांतर नहीं होता है वह या तो रचनात्मक किनारा होता है या विनाशात्मक किनारा। चित्र 98 के अनुसार गोलीय पृष्ठों पर अ ब व धरातलीय भाग हैं जो 'अ ब स तथा अ द स दो

भागों में विभक्त होता है। इन दोनों भागों का सम्पर्क स्थल अ है जो कि घूर्णन-अक्ष का केन्द्र भी है। घूर्णन-अक्ष केन्द्र (अ) के चारों ओर समान दूरी पर (मोटी काली रेखाएँ) हैं। भौगोलिक अक्षांश तथा देशान्तरों का बिन्दुसार रेखाओं द्वारा प्रदर्शित किया गया है। इन्हीं भागों के समानांतर प्लेट की गति होती है। घूर्णन ध्रुव (pole of rotation) अर्थात् अ के पास प्लेट की गति शून्य होती है तथा उमने दूर जाने पर बढ़ती जाती है। यदि क, घ भाग टूट कर अलग होते हैं तो समान दूरी के सहारे गतिशील होते हैं। क प्लेट के प फ तथा घ भाग प्लेट के उन किनारों को प्रदर्शित करते हैं जो समान दूरी के समानांतर हैं। प्लेट गति के समय इन किनारों में न तो सम्बंध होता है और न ही विनाश। अतः ये किनारे सरसी होते हैं।

आयलर-सिद्धांत के अनुसार प्लेट के रचनात्मक एवं विनाशात्मक किनारों के सापेक्षिक संचलन का वेग (velocity) उनके घूर्णन अक्ष के सहारे कोणिक वेग



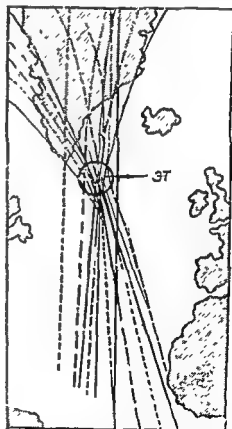
चित्र 98

चन्द्र दृष्टान्तिक सिद्धान्त के अनुसार प्लेट (आयलर के ज्यामितीय सिद्धान्त के आधार पर) में गति का प्रदर्शन। पृथ्वी-मन्द  $\omega$  अक्ष पर घूमने दो खण्डों अक्ष से नया अक्ष में दिखने होता है परन्तु उनका सम्पर्क अक्ष पर बना रहता है। (देखिये पुस्तक का पाठ)

(angular velocity) तथा घूर्णन अक्ष में प्लेट बिन्दु के बिन्दु की कोणिक दूरी के समानुपातिक होता है। इससे स्पष्ट होता कि रचनात्मक एवं विनाशकारी प्लेट किनारों की गति के में पर्याप्त अन्तर होता है। यह वेग, जैसा कि पहले ध्यान दिया गया है, उच्च घूर्णन अक्षांश (लघु वृत्त) पर कम होना है तथा निम्न घूर्णन-अक्षांश पर अधिकतम होता है। स्मरणीय है कि इन घूर्णन-अक्षांशों को भौगोलिक अक्षांशों से अलग समझना चाहिए।

W. J. Morgan ने आयलर-सिद्धान्त के आधार पर भूमध्यरेखीय अटलाण्टिक के प्रसरण तथा प्लेट मंचलन की व्याख्या करने का प्रयास किया है। चित्र 99 में भागों के विचारों को स्पष्ट किया गया है। मध्य अटलाण्टिक कटक के दोनों ओर का भाग स्पान्जर भ्रम (transform faults) के द्वारा विपरीत दिशाओं में विस्थापित होता है। ये स्पान्जर भ्रम सरक्षी प्लेट किनारों की प्रदर्शित करती है। यदि प्लेट मॉडल सही मंगत है तो मध्य अटलाण्टिक कटक के दोनों ओर ये

स्पान्जर भ्रम महत् अक्षीय लघु वृत्त (co axial small circle) के ही भाग होने चाहिए। चित्र 99 में मध्य अटलाण्टिक कटक के दोनों स्पान्जर भ्रम के निविर्गम (strike) के अनुगम्य बृहत् वृत्त (great circles) खींचे गये हैं। प्लेट मॉडल (आयलर के सिद्धान्त के आधार पर) के अनुसार उन पर सभी बृहत् वृत्तों को एक बिन्दु पर एक दूसरे को प्रतिच्छेदित करना चाहिए और वह प्रतिच्छेदन-बिन्दु सम्भावित घूर्णन-ध्रुव होगा। चित्र 99 में एक बृहत् वृत्त को छोड़कर सारे बृहत् वृत्त अक्ष वृत्त में से होकर गुजरते हैं, जिसकी स्थिति  $57^{\circ} 50'$  उ० अक्षांश तथा  $36^{\circ} 50'$  प० देशान्तर पर है। इस तरह उपर्युक्त तथ्य का मेलान हो जाता है। स्मरणीय है कि प्लेट-मंचलन के कारण पृथ्वी के महत् का क्षेत्रफल बढ़ता नहीं बरन् घटता है क्योंकि यदि कहीं मायार-निजल में प्रसरण होता है (मध्य मायारीय कटक



चित्र 99

W. J. Morgan के अनुसार भूमध्य रेखीय अटलाण्टिक के प्रसरण तथा प्लेट-मंचलन का प्रदर्शन (देखिये पुस्तक का पाठ)।

के पाम) तो कहीं पर प्लेट किनारे का क्षेपण (subduction) भी होता है (महासागरीय खड्ड के पास)।

प्लेट में गति के कारण

(Causes of Plate Motion)

प्लेट गति के सम्भावित कई कारणों तथा प्रक्रियाओं का उल्लेख विभिन्न लोगों द्वारा किया गया है परन्तु अभी भी कोई प्रक्रिया या कारण सर्वमान्य नहीं हो सका है क्योंकि इनका परिमाणात्मक एवं भूवैज्ञानिक आधारों पर स्थापन नहीं हो पाया है। अधिकांश लोग पृथ्वी के अन्दर तापीय सवहन तरंगों को प्लेट में गति का कारण मानते हैं। आर्थर होम्स ने लगभग 60 वर्ष पूर्व पृथ्वी के अन्दर से उठने वाली तापीय सवहन तरंगों की सकलपना का प्रतिपादन भूपटन के विस्थापन के सन्दर्भ में किया था। तरल पदार्थ में तापीय सवहन तरंग के वाष्पान्वयन का अध्ययन लॉर्ड रैले (Lord Rayleigh) ने सैद्धांतिक रूप में किया। वर्तमान समय में पृथ्वी के आन्तरिक भाग में ताप क्रम तथा दबाव की स्थितियों के आधार पर तापीय सवहन तरंगों के कार्यान्वयन को कई विद्वानों ने स्वीकार किया है।

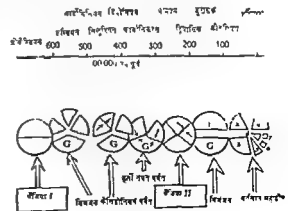
गैस (I G Gass) ने क्रस्ट के नीचे मैग्नटिल में अन्धकार तापीय सवहन तरंग की प्रक्रिया का स्थापन किया है। इनके अनुसार मैग्नटिल की विस्कासिता या श्यानता (viscosity—ससलन पदार्थ की स्थिति) तापमान तथा दबाव पर पूर्णरूपेण आधारित होती है। जिन क्षेत्रों में अत्यधिक तापमान के कारण उपरिमुखी प्रवाह होता है वहाँ पर उपरिमुखी प्रवाह का वेग अधिक होता है क्योंकि परिवहन (conduction) द्वारा तापमान उतना प्रभावी नहीं हो पाता है। इस प्रक्रिया के कारण दबाव में ह्रास (ऊपर की ओर) तो होता है परन्तु तापमान पर कोई खास प्रभाव नहीं हो पाता है। परिणामस्वरूप जब पदार्थ का ऊपर की ओर प्रवाह होता है तो उसकी विस्कासिता घटती जाती है जिस कारण उसका प्रवाह-वेग बढ़ता जाता है। मध्य महासागरीय कटक के नीचे इस तरह के स्थानीय प्रवाह के आधार की गहराई का निश्चित ज्ञान तो नहीं है तथापि इसे 300-400 किमी० तक माना जाता है। इन कटकों के नीचे से गर्म पदार्थों का प्रवाह जब सतह के नीचे पहुँचता है तो वह विपरीत दिशाओं में धूर्तिज प्रवाह के रूप में अपसरित (diverge) हो जाता है। इस धूर्तिज प्रवाह का क्षेत्र 200 किमी० की गहराई तक होता है। इस तरह जहाँ पर ये गर्म पदार्थ युक्त सवहन तरंगें अपसरित

होती हैं (कटक के नीचे) वहाँ पर प्लेट का संचलन विपरीत दिशाओं में प्रारम्भ हो जाता है। जहाँ पर दो धूर्तिज सवहन तरंगें मिलकर नीचे की ओर मुड़ती हैं वहाँ पर प्लेट किनारे का क्षेपण (subduction) होता है (महासागरीय खड्ड के नीचे)।

कुछ विद्वानों का मत है कि कटक के पाम अतिरिक्त पदार्थों (सावा तथा मैग्मा) के सृजन के कारण कटक के किनारों पर अत्यधिक गुरुत्व बल हो जाता है जिस कारण कटक ने प्लेट दोनों ओर सरक जाते हैं। एक अन्य मत के अनुसार कटक के नीचे से जब मैग्मा का उमने प्रवेश होता है तो उससे कारण प्लेट कटक के अग्रत-चगन विमका दिये जाते हैं।

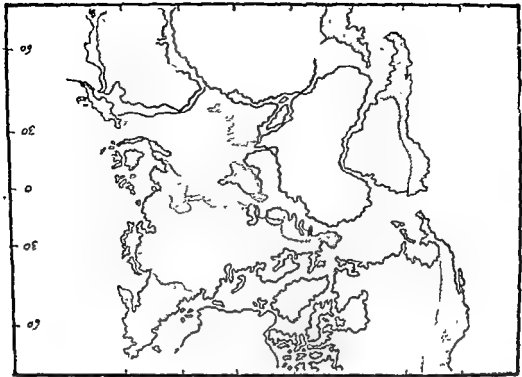
प्लेट टेक्टनिक्स तथा महाद्वीपीय विस्थापन

पुराचुम्बकत्व (paleomagnetism) एवं मागर निनन प्रसरण (sea-floor spreading) के प्रमाणों के आधार पर इस तथ्य का स्थापन होता है कि महाद्वीप तथा महासागर स्थायी नहीं रहते हैं। महासागरों के खुलन तथा बन्द होना (opening and closing of ocean basins) के प्रमाण मिले हैं। उदाहरण के लिए मध्य मागर प्रारम्भिक बृहत् महासागर का अवशिष्ट भाग है तथा प्रसन्त महासागर में निरन्तर सङ्कुचन हो रहा है क्योंकि इसके कटक पर अमेरिकन प्लेट का क्षेपण हो रहा है। इसके विपरीत विगत 200 मिलियन वर्षों से अटलाण्टिक महासागर का विस्तार हो रहा है। रेड सागर का खुलना भी प्रारम्भ हो गया है। उपर्युक्त



चित्र 100

वैनेन्टाइन तथा मूरें (Valentine and Moores, 1970) के अनुसार विगत 700 मिलियन वर्षों में महाद्वीपों के संचलन का सम्भावित प्रारूप।



चित्र 101

गोण्डवानालैण्ड के विभजन के ठीक पहले प्रारम्भिक क्रीटेशियस युग में महाद्वीपों की स्थितियाँ (स्मिथ तथा ब्रेडन के आधार पर)।

विवरण के आधार पर यह तथ्य उभरता है कि जब महासागर खुलता है अर्थात् उसमें विस्तार होता है तो महाद्वीपीय भाग एक दूसरे से दूर विस्थापित होते हैं और जब महासागर बन्द होने लगते हैं तो महाद्वीपीय भाग एक दूसरे के करीब आने लगते हैं।

पुराचुम्बकत्व तथा सागर-निल प्रसरण के प्रभावों के आधार पर विगत 200 मिलियन वर्षों के घटनाक्रम का ही ज्ञान भली-भाँति मिल पाता है परन्तु प्लेट विवर्जन सिद्धान्त की सामान्य प्रक्रिया के आधार पर उसके पहले की घटनाओं तथा उनके इतिहास की पुनर्रचना की जा सकती है। वॉलेनटाइन तथा मूस (Valentine and Moores, 1970 in Hallam, 1973) ने महाद्वीप तथा महासागरों के प्रारम्भ से आज तक के इतिहास की पुनर्रचना का प्रयास किया है (चित्र 100)। लगभग 700 मिलियन वर्ष पूर्व सारे महाद्वीप एक बृहत् स्थल पिण्ड के रूप में सलग थे जिसे प्रथम पैजिया नाम दिया गया है। लगभग 600-500 मिलियन वर्ष पूर्व (कैम्ब्रियन) प्रथम पैजिया का विभजन हुआ। प्लेट-तन्त्र के कारण

सारे स्थल खण्ड पुनः द्वितीय पैजिया के रूप में (300-200 मिलियन वर्ष) आपस में सलग हो गये। हल्लम (A. Hallam) के अनुसार द्वितीय पैजिया का विभजन प्रारम्भिक जुरैसिक युग में प्रारम्भ हुआ तथा 20-50 अफ्रीका उत्तरी अमेरिका में प्रवाहित होकर दूर जाने लगा (चित्र 101)। सागर निल-प्रसरण मण्डल (zone of sea-floor spreading) निरन्तर उत्तर तथा दक्षिण की ओर बढ़ता गया। 50 अमेरिका तथा अफ्रीका का अलगाव मध्य क्रीटेशियस युग में हुआ। इसी समय यूरोप तथा 20 अमेरिका एक दूसरे में दूर हटने लगे।

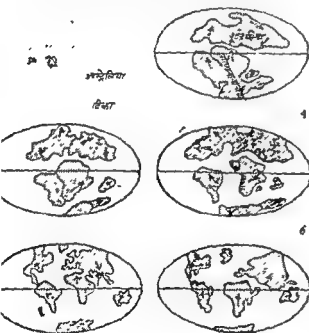
उत्तरी अटलाण्टिक का मुलना कई प्रावस्थाओं (phases) में सम्पन्न हुआ है। उत्तरी अमेरिका से अफ्रीका के अलगाव के बाद यूरोप तथा ग्रीनलैण्ड लेब्राडोर में टूट कर अलग हो गये (अन्तिम क्रीटेशियस युग में, 80 मिलियन वर्ष पूर्व)। इस तरह लेब्राडोर सागर का निर्माण हुआ। यह नवनिर्मित सागर अटलाण्टिक महासागर के उत्तरी प्रसार के रूप में कुछ समय





वर्षों में अटलाण्टिक महासागर लगातार खुलता (विस्तृत) जा रहा है जबकि प्रशान्त महासागर अमेरिकन प्लेट के गतिशील होने के कारण सकुचित होता जा रहा है। चित्र 103 में आगामी 50 मिलियन वर्षों तक महाद्वीपों तथा महासागरों की सम्भावित स्थिति का प्रदर्शन किया गया है। निम्न उदाहरणों में महाद्वीपीय विस्थापन सागर-नितल प्रसरण तथा महाद्वीपीय सकुचन की प्रवृत्तियों को व्यक्त किया जा सकता है—

**ताल सागर एवं अदन की खाड़ी**—ताल सागर एक अक्षीय झोपी (axial trough) का उदाहरण है जो अफ्रीका एवं अरब के बीच स्थित है। इस क्षेत्र में सर्वेक्षण के दौरान चुम्बकीय विसंगति (magnetic anomaly)



चित्र 103

प्लेट टेक्टॉनिक सिद्धान्त के अनुसार ट्रियासिक युग से वर्तमान समय तक महाद्वीपों का प्रसरण तथा आगामी 50 मिलियन वर्षों में सम्भावित प्रारूप (Dietz and Holden, in J. T. Wilson, 1973, के आधार पर) 1. ट्रियासिक युग—200 मिलियन वर्ष पूर्व, 2. अंतिम ट्रियासिक 180 मिलियन वर्ष पूर्व, 3. अन्तिम जुरैसिक—135 मिलियन वर्ष पूर्व, 4. अन्तिम क्रीटैसियस—65 मिलियन वर्ष पूर्व, 5. वर्तमान स्थिति तथा 6 आगामी 50 मिलियन वर्षों में सम्भावित स्थिति।

का निर्धारण किया गया है। यह चुम्बकीय विसंगति पट्टी के रूप में रैखिक प्रणाली में है (A. W. Girdler के अनुसार) तथा इसका प्रारूप महासागरीय नितल की चुम्बकीय विसंगति के ही अनुरूप है। इस चुम्बकीय विसंगति के आँकड़ों (Drake, Girdler तथा Allan आदि द्वारा अंकित) के आधार पर वाइन (F. J. Vine) ने 1966 में तालसागर के प्रसरण की दर का परिकलन किया है। इनके अनुसार विगत 3-4 मिलियन वर्षों में प्रति वर्ष एक सेण्टीमीटर की दर से (स्मरणीय है कि यह दर कटक के एक ओर की ही होगी है, कुछ प्रसरण दर 2 सेण्टीमीटर होगी) प्रसरण हो रहा है। अतः तथा मोरेल्लो (Allen and Morelli) ने 1969 में प्रसरण-दर 11 सेण्टीमीटर (कुल प्रसरण 22 सेण्टीमीटर) प्रतिवर्ष परिकलित की है। इसी तरह अदन की खाड़ी में पट्टीदार चुम्बकीय विसंगति (stripped magnetic anomaly) के आधार पर 1.8 से 2.2 सेण्टीमीटर प्रतिवर्ष की सकल प्रसरण दर (मध्य रेखा के एक ओर 0.9 से 1.1 सेण्टीमीटर प्रतिवर्ष) का परिकलन किया गया है।

तालसागर तथा अदन की खाड़ी के दोनों ओर महाद्वीपीय भाग (अफ्रीका तथा अरब) के बाहर की ओर गतिशील होने के लिए पूर्णतः दो ध्रुव की आवश्यकता होगी। इस तरह यह क्षेत्र तीन प्लेट (ग्युबियन प्लेट, सोमाली प्लेट एवं अरेबियन प्लेट) का मिलन क्षेत्र है। अफ्रीका की ओर का भाग दो स्वतंत्र प्लेट (Nubian तथा Somali) का बना है तथा इन दोनों का अलग-अलग इथियोपियन भ्रम द्वारा होता है। चित्र 104 में तालसागर, अदन की खाड़ी, प्लेट एवं पूर्णतः ध्रुव को दिखाया गया है।

**कैलिफोर्निया की खाड़ी**—प्रशान्त महासागर एक क्षीयमाण (Waning) महासागर है जिसके विस्तार में निरन्तर ह्रास हो रहा है क्योंकि अमेरिकन प्लेट का इस पर लगातार अविक्रमण हो रहा है। प्रारम्भ में अटलाण्टिक महासागर में मध्य अटलाण्टिक कटक के समान ही प्रशान्त महासागर में मध्य कटक रहा होगा जिसकी स्थिति प्रशान्त महासागर के मध्य रही होगी परन्तु प्लेट के सञ्चलन के कारण अब उसमें विक्रमण हो गया है। कैलिफोर्निया की खाड़ी से चुम्बकीय सर्वेक्षण के समय धारीदार चुम्बकीय विसंगति (stripped magnetic anomaly) की स्थिति का स्थापन हुआ है। इससे दो तथ्य प्रमाणित होते हैं—पूर्वी प्रशान्त समार (East



तथा दूसरे प्लेट का अग्रणी किनारा महाद्वीपीय क्रस्ट का होता है तो वहाँ पर क्रस्ट का सर्वाधिक भ्रय (consumption) होता है क्योंकि महासागरीय क्रस्ट का महाद्वीपीय क्रस्ट के नीचे क्षेपण (thrusting or subduction) होता है। इस तरह क्षेपित क्रस्ट नीचे ग्रेनिटल तक पहुँच जाती है तथा वहाँ पिघलकर पृथ्वी के गर्भ में बिनीन हो जाती है। स्मरणीय है कि नवीन क्रस्ट के मृजन तथा उनके क्षय की दर सभी प्लेट में समान नहीं होती है। वही पर नवीन क्रस्ट के निर्माण से प्लेट के आकार में वृद्धि होती है क्योंकि उसके क्षय की दर कम होती है। इसकी आपूर्ति कहीं और हो जाती है जहाँ पर प्लेट में नवीन क्रस्ट के मृजन की दर में उसके क्षय की दर अधिक होती है।

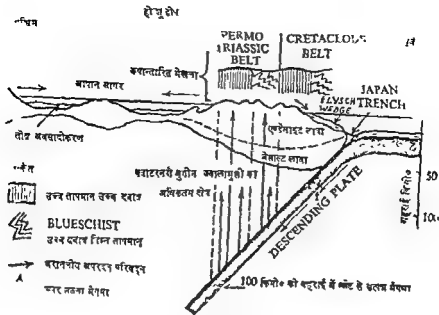
उपर्युक्त तथ्य को और अधिक स्पष्ट किया जा सकता है। मान लीजिए एक ऐसा प्लेट है जिसका अग्रणी किनारा (leading margin) महाद्वीपीय क्रस्ट का बना है। इस तरह के प्लेट के आकार में वृद्धि होगी क्योंकि अग्रणी किनारा का क्षय नहीं होता है जब कि उसके अनुगामी किनारे (trailing margin) पर नवीन महासागरीय क्रस्ट का मृजन होता है। इस तरह के प्लेट के आकार में जो वृद्धि होती है उसकी पूर्ति (compensation) दूसरे प्लेट के आकार में क्षय द्वारा हो जाती है। प्लेट के आकार में ह्रास इस तरह होता है कि प्लेट के अग्रणी किनारे पर महासागरीय क्रस्ट का क्षय उस प्लेट के अनुगामी किनारे (trailing margin) पर नवीन क्रस्ट के मृजन की दर से अधिक उपचार में सम्पादित होता है। इस तरह की प्रक्रिया के कारण पर्वत-निर्माण-स्थल (जहाँ पर दो प्लेट आपस में मिलते हैं) की स्थिति में नवीन क्रस्ट के निर्माण-स्थल के सम्बन्ध में मतन परिवर्तन होता रहता है। इस तरह व्यक्त किया जा सकता है कि जब महाद्वीपीय का विस्थापन होता रहता है तो उनके अग्रणी किनारे अपने साथ सम्पीडनात्मक मण्डल (जिनके सहारे पर्वतों का निर्माण होता है) को ढोते रहते हैं। इस तरह भूतल पर पर्वतीय मेखलाओं का परिघटन होता रहता है।

प्लेट विचरन सिद्धान्त के आधार पर पर्वत-निर्माण की निम्न परिस्थितियों का प्रतिपादन किया जाता है— 'जहाँ पर दो प्लेट का अभिसरण (कलस्वरूप टकराव) होता है वहाँ पर क्रस्ट के सम्पीडन के कारण पर्वत का निर्माण होता है।' इस तथ्य में प्लेट के आधार पर उनकी अभिसरण (convergence) तीन स्थितियों में

हो सकता है— (i) जहाँ पर दोनों प्लेट महासागरीय प्रकार के होते हैं, (ii) जहाँ पर दोनों प्लेट महाद्वीपीय प्रकार के होते हैं तथा (iii) जहाँ पर एक प्लेट महासागरीय तथा दूसरा महाद्वीपीय प्रकार का होता है। इन तीनों स्थितियों का उल्लेख अगली पक्तियों में किया जा रहा है—

(i) दो महासागरीय क्रस्ट वाले प्लेट का अभिसरण — जब दो प्लेट महासागरीय नितल क्रस्ट वाले होते हैं तो उनसे अभिसरण एवं टकराव होने से एक प्लेट की सागरीय क्रस्ट दूसरे प्लेट के नीचे सागरीय छड़ में क्षेपित (subduction) हो जाती है जिस कारण उत्पन्न सम्पीडन द्वारा द्वीप शृंखला तथा द्वीपीय चाप (Island festoons and island arcs) के पर्वतों का निर्माण होता है। इस तरह की स्थिति का सर्वोत्तम उदाहरण जापान व द्वीपीय चाप से प्राप्त होता है। जापान द्वीप-चाप में 3000 से 4000 मीटर ऊँचे पर्वत मिलते हैं। यद्यपि इन पर्वतों में हिमालय जैसे वलित पर्वतों की की कई विशेषताएँ मिलती हैं तथापि दोनों में अन्तर है। होम्बू द्वीप को उदाहरण के रूप में प्रस्तुत किया जा सकता है (चित्र 106)। इस द्वीप की स्थिति जापान सागर तथा जापान छड़ (trench) के मध्य है तथा इस पर बेसाल्ट एवं एण्डेसाइट का भारी जमाव पाया जाता है। पश्चिमी तट पर पूर्वी तट की अपेक्षा ज्वालामुखी क्रिया अत्यधिक होती है। द्वीप के दोनों ओर ह्वाल्तरित जैन की मेखला पायी जाती है।

प्लेट-संचलन (plate movement) के दौरान प्रशान्त महासागरीय प्लेट के नितल का जापान द्वीप के पूर्वी भाग की ओर महासागरीय क्रस्ट के नीचे (subduction) हो गया जिस कारण छड़ का निर्माण हुआ। जैसे-जैसे एक प्लेट की सागरीय क्रस्ट का दूसरे प्लेट की सागरीय क्रस्ट के नीचे सरकाव होता जाता है वैसे-वैसे प्रथम प्लेट के पदार्थ डूबते जाते हैं। जब नीचे चिसकता हुआ प्लेट 100 किमी० की गहराई तक पहुँच जाता है तो वह अत्यधिक ताप के कारण पिघलने लगता है जिस कारण मैग्मा का निर्माण होता है और वह ऊपर उठने लगता है। छड़ से लगभग 200 किमी० की दूरी पर मैग्मा ज्वालामुखी उपोदन की क्रिया द्वारा गतह पर आने लगता है। यही कारण है कि जापान द्वीप के पश्चिमी भाग (पूर्वी भाग छड़ के करीब है) में सर्वाधिक ज्वालामुखी क्रिया होती है। इस परिस्थिति के अनुसार प्रशान्त महासागरीय प्लेट का



चित्र 106

प्लेट टेक्टॉनिक सिद्धांत के आधार पर द्वीप-चाप (island arc) का निर्माण तथा पर्वतीकरण, जापान द्वीप का उदाहरण (Dewey and Bird, in Cox, 1973, के आधार पर)।

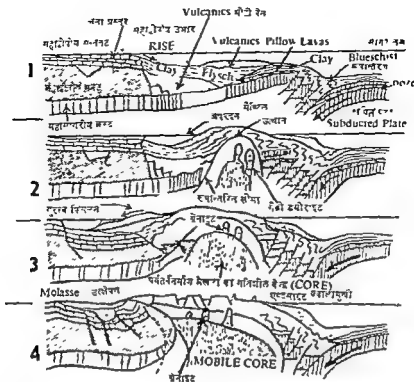
जापान द्वीप के पूर्व में सागरीय प्लेट के नीचे क्षेपण हो गया परिणामस्वरूप प्लेट के सागरीय नितल के नीचे मैग्नेटिक में पहुँचने के कारण मैग्मा का निर्माण हुआ जो बाद में उष्मा बहाव (heat flow) के साथ उपर आ गया। यह क्रिया आज भी चल रही है। जापान द्वीप के पश्चिमी तथा पूर्वी दोनों किनारों पर स्थानांतरित शैल मण्डल का पाया जाना यह प्रमाणित करता है कि इस द्वीप चाप का निर्माण दो विभिन्न चापों (arcs) के मिल जाने के कारण हुआ है। जापान द्वीप-चाप के दक्षिण से वर्तमान समय में भी दो अलग-अलग चाप मिलते हैं—फिलोपाइनस चाप तथा मरियाना चाप। इसी आधार पर हिन्द महासागर के उत्तरी-पूर्वी द्वीप तोरण तथा द्वीप-चाप की उत्पत्ति की भी व्याख्या की जा सकती है।

(ii) महाद्वीप महासागरीय प्लेटों का अभिसरण—जब महाद्वीप तथा महासागरीय क्रस्ट वाले दो प्लेट आपस में मिलते हैं तो टकराव के कारण महासागरीय क्रस्ट वाले प्लेट के किनारे का (अपेक्षाकृत अधिक घनत्व के कारण) महाद्वीपीय क्रस्ट वाले प्लेट के नीचे क्षेपण हो जाता है तथा महाद्वीपीय किनारे पर भ्रम तट पर निक्षेपित पदार्थों का भूस्थायी सम्पीडनात्मक बल के कारण बलन हो जाता है तथा पर्वत का निर्माण होता

है। इस तरह की स्थिति उत्तरी तथा दक्षिणी अमेरिका के पश्चिमी तट पर ब्रमण राकौज तथा एण्डीज पर्वतों के रूप में पायी जाती है।

प्रधान महासागरीय प्लेट तथा अमेरिकन प्लेट के अभिसरण के कारण महासागरीय प्लेट का किनारा महाद्वीपीय प्लेट के नीचे झुक गया। परिणामस्वरूप महासागरीय क्रस्ट के महाद्वीपीय क्रस्ट के नीचे विक्षेपित (thrust) हो जाने के कारण सम्पीडनात्मक संचलन (compressional movements) के फलस्वरूप उत्पन्न बल के कारण उत्तरी तथा दक्षिणी अमेरिका के पश्चिमी किनारों के पदार्थ बलित हो गये तथा राकौज एवं एण्डीज पर्वतमाला का निर्माण हुआ (चित्र 107)।

उपरोक्त तथ्यों को एण्डीज तथा राकौज की विवासीय प्राक्कथनों की व्याख्या के आधार पर और अधिक स्पष्ट किया जा सकता है। दक्षिणी अमेरिका के पश्चिमी तट के पास पीरू-चिली खड्ड का विस्तार पनामा से टियरा डल पृथ्वी तक 4500 किमी० की लम्बाई में है। इस खड्ड के मध्य में गहराई 7000 मीटर तक हो जाती है। जबकि एण्डीज पर्वत माला में कई श्रेणियाँ 5000 मीटर से ऊँची हैं। इस तरह 400 किमी० की औसत दूरी में (पीरू-चिली खड्ड तथा एण्डीज के बीच) सापेक्षिक उच्चावच (उच्चरूप एवं निम्नरूप भाग का



चित्र 107

प्लेट टेक्टॉनिक सिद्धान्त के अनुसार पर्वत-मण्डल (Cordillera) प्रकार के बलित पर्वतों की उत्पत्ति (M. J. Bradshaw, A. J. Abbott तथा A. P. Gelsthorpe के आधार पर)। 1. महासागरीय प्लेट का महाद्वीपीय प्लेट के नीचे 100 किमी० की गहराई तक क्षेपण होता है जिस कारण अन्तः सागरीय ज्वालामुखी शैल का उद्भेदन होता है तथा प्लेट के किनारे पर विस्फुल्ल प्रारम्भ हो जाता है। 2. ऊपर उठने मैगमा के कारण ऊष्मा उत्पन्न होती है। मैगमा-गुम्बद में विस्तार के कारण प्लेट-किनारे के पदार्थों का बलन प्रारम्भ होता है। उत्थान के साथ ही शैलों तथा डायोराइट का प्रवेश भी होता है। 3. जैसे-जैसे पर्वत-निर्माण मण्डल का गतिशील क्षेत्र विकसित होता जाता है वैसे-वैसे उच्च तापमान उच्च दबाव जनित विस्फुल्ल (प्लेट किनारे का) बढ़ता जाता है। इस कारण महाद्वीपीय मण्डल अवतलित होता है और उत्थान के आगे रहने के कारण गुरुत्व-स्किन्डिंग (gravity slides) प्रारम्भ हो जाती है। 4. गतिशील क्षेत्र के कारण स्थानान्तरित भाग का महाद्वीप की ओर उत्क्षेपण होता है तथा बेनाडट-गतिशील कोर के ऊपर आ जाती है। गतिशील कोर में विस्तार तथा उभार के कारण जनित सम्पर्गीय बल के कारण महाद्वीपीय किनारा सम्पीडित होकर बलित हो जाता है।

अन्तर) लगभग 15000 मीटर तक का है जो सम्भवतः ग्लोब का सर्वाधिक सापेक्षिक उच्चावच है। भूकम्पीय गतिशीलता के आधार पर ज्ञात हुआ है कि यहाँ पर एक स्पष्ट बेनी ऑफ (Benioff) मण्डल है जो दक्षिणी अमेरिका के नीचे विस्तृत रहा है। इस मण्डल में प्रशान्त महासागर में मोहो विषमविरासत (Moho discontinuity, Mohorovicic महोदय के नाम पर) की गहराई 11 किमी० है तथा एण्डीज के नीचे 70 किमी० है।

इसके आधार पर भी प्रशान्त महासागरीय प्लेट के अमेरिकन प्लेट के नीचे क्षेपण का स्थापन हो जाता है। मध्य एण्डीज को तीन भौतिक प्रदेशों में विभक्त किया जाता है—(i) पूर्वी भाग 5000 मीटर में अधिक ऊँचा है तथा पैटोजोइक चट्टान के स्थानान्तरित अवसादों में निर्मित है, (ii) पश्चिमी भाग भी लगभग 5000 मीटर ऊँचा है तथा इसका निर्माण मेसोजोइक एवं सेनोजोइक कल्प के ज्वालामुखी पदार्थ, छिछले सागर-निर्मित अवसाद

तथा जुरैमिक से क्रीटेशियस युग के वैथालिय का बना है तथा (iii) मध्यवर्ती भाग (आल्टीपानो—Altipano) क्रीटेशियस युग से निमित्त महाद्वीपीय डेरयुक्त पदार्थों का बना है।

प्लेट-विवर्तन सिद्धान्त के समर्थकों के अनुसार एण्डीज पर्वत माला का निर्माण प्रारम्भिक मेसोजिक कल्प से प्रारम्भ होता है। इस समय महाद्वीपीय प्लेट के किनारे पर पैल्योजोइक कल्प के सागरीय अवसाद की मोटी परत का आवरण था। प्रशान्त महासागरीय प्लेट का अमेरिकन प्लेट के नीचे क्षेपण प्रारम्भ हुआ जिस कारण सागरीय अवसाद में विरूपण प्रारम्भ हो गया। तदनंतर अमेरिकन प्लेट का भी पश्चिम की ओर प्रवाह प्रारम्भ हुआ जिस कारण मध्य मेसोजोइक एवं प्रारंभिक क्रीटेशियस युग के पर्वत-निर्माण की क्रिया में तेजी आ गई। द० अमेरिका के पश्चिमी किनारे पर ज्वालामुखी तथा सागरीय अवसादों का बलन प्रारम्भ हो गया तथा ग्रेनाइट भूतल का प्रवेण होने लगा। साथ ही साथ पूर्वी भाग में भी बलन तथा उखाटन की क्रियाएँ सम्पादित हुईं। यह प्रक्रिया अन्तिम सेनोजोइक कल्प तक जारी रही। स्मरणयोग्य है कि जैसे-जैसे प्रशान्त महासागरीय प्लेट का अमेरिकन प्लेट के नीचे क्षेपण बढ़ता गया वैसे-वैसे ज्वालामुखी क्रिया तथा प्लूटोनिक आग्नेय शैल के अन्तर्वेधन की क्रिया की सक्रियता पूर्व की ओर बढ़ती गई। पूर्वी एवं पश्चिमी भाग के बलन के साथ ही मध्यवर्ती भाग का भी बलन होता रहा।

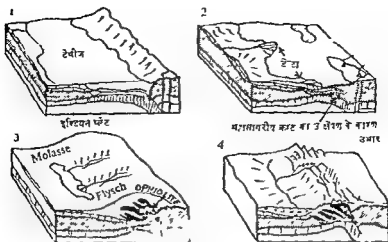
ज्ञातव्य है कि बेनीसॉफ मंडल के सहारे जब प्लेट का क्षेपण होता है तो पर्वत-माला की चौड़ाई कुछ सौ किमी० तक ही सम्भव हो पाती है। राकीज पर्वत माला में कोलोरैडो में कैनफोनिया तट तक 1500 किमी० की चौड़ाई उपर्युक्त सकल्पना के आधार पर प्रमाणित नहीं हो पाती है। इसके स्पष्टीकरण के लिए प्रतिपादित किया जाता है कि जब प्रशान्त महासागरीय प्लेट का अमेरिकन प्लेट के नीचे क्षेपण हो रहा था तो उसी समय उत्तरी अमेरिका का प्रवाह पश्चिम की ओर जारी था। अतः राकीज का अधिकांश पर्वतन महाद्वीपीय प्रवाह के कारण सम्पन्न हुआ है।

(iii) महाद्वीप—महाद्वीप प्लेटों का अधिसरण—जब दोनों प्लेटों के ऊपर महाद्वीपीय क्रस्ट होती है तो उनके टकराव से उस प्लेट का क्षेपण होता है जिसका पदार्थ दूसरे प्लेट की तुलना में अपेक्षाकृत अधिक घनत्व वाला होता है। उत्तर में युरेशियन प्लेट तथा दक्षिण में

अफ्रीका-भारत प्लेट के बीच टेथीज सागर की स्थिति थी। मेसोजोइक कल्प में टेथीज सागर का बन्द होना प्रारम्भ हुआ। इस सम्बन्ध जलीय भाग के बन्द होने की प्रक्रिया कई क्षेपण मण्डलों (Subduction zones) के सहारे सम्पन्न हुई। सेनोजोइक कल्प में द० महाद्वीपीय प्लेट के अभिसरण तथा टकराव के कारण क्षेपण होने से जनित सम्पीडनात्मक बल के फलस्वरूप टेथीज भू सन्नति का मतवा बलित हो गया तथा अल्पाइन हिमालय शृङ्खला का निर्माण हुआ।

लगभग 70—65 मिलियन वर्ष पूर्व हिमालय के स्थान पर टेथीज सागर था इसके उत्तर में एशियाटिक प्लेट तथा दक्षिण में भारतीय प्लेट थे। भारतीय प्लेट के एशियाटिक प्लेट की ओर गतिशील होने के कारण तथा उनके एशियाटिक प्लेट के नीचे क्षेपित होने के फलस्वरूप टेथीज में सकुचन (विस्तार में) होने लगा। लगभग 60—30 मिलियन वर्ष पूर्व इण्डियन प्लेट एशियाटिक प्लेट के करीब आ गया जिस कारण दोनों के टकराव से टेथीज की सागरीय क्रस्ट बलित हो गयी तथा हिमालय का निर्माण हुआ (लगभग 30—2 मिलियन वर्ष पूर्व)। पर्वतारोहण की क्रिया के कारण भारतीय-एशियाटिक प्लेट के बीच लगभग 500 किमी० तक भूपटलीय सकुचन (crustal shortening) हुआ है (चित्र 108)। इसी तरह अल्पाइन शृङ्खला का निर्माण अफ्रीका तथा यूरोप के प्लेट के टकराव तथा तत्जनित क्षेपण के कारण हुआ। परन्तु यहाँ पर प्लेट का चंचलन (movement) तथा टकराव जटिलरूप में सम्पन्न हुआ, अतः पर्वतों में सरचनात्मक जटिलताएँ आ गई हैं। वर्तमान समय में भी अफ्रीका का प्लेट उत्तर की ओर सरक रहा है तथा इसका एजियन चाप (Aegean arc) के दक्षिण में युरोपियन प्लेट के नीचे क्षेपण हो रहा है, परिणामस्वरूप रूम सागर में सकुचन हो रहा है।

पर्वत-निर्माण की चक्रीय प्रणाली—प्लेट विवर्तन सिद्धान्त के आधार पर पर्वत निर्माण की चक्रीय प्रणाली का स्पष्टीकरण भली-भाँति हो जाता है। अब तक पर्वत निर्माण के चार युगों (कैम्ब्रियन युग से पूर्व, कैलिडोनियन, हर्सीनियन तथा टर्शियरी) का पता लगाया जा सका है। पर्वत-निर्माण से सम्बन्धित प्रारम्भिक सिद्धान्तों में यह उभय दोष रहा है कि किसी तरह टर्शियरी युग के बलित पर्वतों की व्याख्या तो हो जाती है परन्तु उसके पहले के पर्वतों के निर्माण की प्रक्रिया पर प्रकाश नहीं पड़ता है। प्लेट सदैव गतिशील होते रहते हैं। इनके



चित्र 108

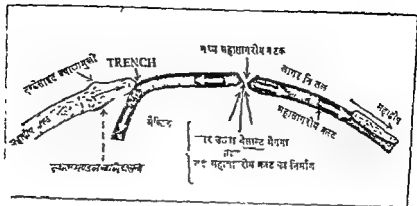
प्लेट टेक्टॉनिक सिद्धान्त के आधार पर हिमालय की उत्पत्ति (दो महाद्वीपीय प्लेट के टकराने के कारण) । 1. 70-65 मिलियन वर्ष पूर्व की स्थिति—भारतीय प्लेट का एशियाई प्लेट की ओर अग्रसर होना, 2. 60-30 मिलियन वर्ष पूर्व की स्थिति—भारतीय प्लेट का एशियाई प्लेट से टकराव तथा तज्जनित उत्क्षेपण (thrust) का होना, 3. 30-2 मिलियन वर्ष पूर्व की स्थिति—भारतीय प्लेट के एशियाई प्लेट के नीचे क्षेपित (subduction) होने के कारण उत्पन्न उत्क्षेपण के फलस्वरूप हिमालय का निर्माण तथा 4. वर्तमान स्थिति ।

भ्रमण के कारण सारे स्थलीय भाग आपस में मिलकर एक सुपर महाद्वीप बन जाते हैं तो कभी अलग होकर विभिन्न महाद्वीपों को जन्म देने हैं ।

पृथ्वी के विवर्तनिक इतिहास की विधिवत जानकारी आज से लगभग 200 मिलियन वर्ष पूर्व में प्रारम्भ होती है जब कि वर्तमान महाद्वीप पैजिया के रूप में (सुपर महाद्वीप) थे । प्लेट-विवर्तन सिद्धान्त के आधार पर यह अवधारणा की जाती है कि पैजिया के पहले भी महाद्वीप थे जो पेलोजोइक कल्प के अन्त में प्लेटों के भ्रमण के कारण आपस में मिलकर पैजिया बन गये । इससे निष्कर्ष निकलता है कि कैम्ब्रियन युग से पूर्व आज से लगभग 700 मिलियन वर्ष पहले भी पैजिया (प्रथम पैजिया) था । इस अवधारणा पर कि 'जहाँ पर दो प्लेट मिलते हैं (विनाशात्मक विनाश) वहाँ पर वलित पर्वतों का निर्माण होता है, टैंगियरी युग के पहले के भूगर्भिक इतिहास की पुनर्रचना का आकलन किया जा सकता है ।

वैलेंटाइन (Valentine) तथा मूर (Moore) के अनुसार आज से लगभग 600 मिलियन वर्ष पूर्व सभी स्थलांग प्रथम पैजिया के रूप में थे (कैम्ब्रियन युग से पूर्व) 500-600 मिलियन वर्ष पूर्व प्रथम पैजिया का विखण्डन हुआ (कैम्ब्रियन युग में) । 400 मिलियन वर्ष पूर्व

(सिलूरियन युग) में अमेरिकन तथा युरेशियन प्लेट के अभिसरण (convergence) के कारण अटलाण्टिक महासागर बन्द होने लगा तथा कैलिडोनियन पर्वतों का निर्माण हुआ (मुख्य रूप से अप्लेशियन का निर्माण प्रारम्भ हुआ) । 300 मिलियन वर्ष पूर्व अटलाण्टिक पूर्णतया बन्द हो गया तथा अप्लेशियन का निर्माण पूर्ण हो गया (कार्बोनिफरम, पर्मियन युग) । इसी समय यूरोप के हर्सीनियन पर्वतों का निर्माण हुआ । लगभग 200 मिलियन वर्ष पूर्व सारे महाद्वीप आपस में मिल गये तथा द्वितीय पैजिया का निर्माण हुआ । 150 मिलियन वर्ष पूर्व पैजिया का पुन विभंजन हो गया तथा अटलाण्टिक पुन मुल गया । टैंगियरी युग में प्लेटों के भ्रमण के कारण वर्तमान वलित पर्वतों का निर्माण हुआ । स्मरणीय है कि कैम्ब्रियन युग से पूर्व वर्तमान समय की तुलना में कम महाद्वीपीय भाग रहे होंगे । प्रारम्भ में महाद्वीपों के तट से दूर द्वीप-चाप के निर्माण तथा इनके महाद्वीपीय तटीय भागों से टकराव के कारण महाद्वीपों के आकार में वृद्धि हुई होगी । चित्र 100 में पैजिया की विभिन्न स्थितियों तथा विभिन्न युगों में पर्वतों की उत्पत्ति को प्रदर्शित किया गया है ।



चित्र 109

मध्य महासागरीय कटक के पाम नीचे से मैग्मा के ऊपर आने के कारण नवीन सागरीय कटक का निर्माण तथा कटक के सहारे सागर-नितल के प्रसरण के कारण प्लेट का संचलन। महासागरीय प्लेट का कटक से दूर होना तथा महाद्वीपीय प्लेट के नीचे क्षेपण (subduction) होने में सागरीय छड़ (trunch) का निर्माण एवं क्षेपित प्लेट (subducted plate) एवं महाद्वीपीय प्लेट (Benioff zone) के रगड़ के कारण महाद्वीपीय कटक का पिघलना एवं एण्डेसाइट पदार्थ वाले ज्वालामुखी का निर्माण।

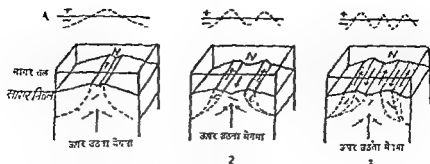
### प्लेट टेक्टॉनिक्स एवं ज्वालामुखी-क्रिया

वर्तमान आश्रित, सुप्त (dormant) तथा शान्त (extinct) एवं अतीत में निमित्त ज्वालामुखियों के अवशिष्ट भागों के अध्ययन के आधार पर उनके वितरण के तीन क्षेत्रों का उल्लेख किया जा सकता है। 1. मध्य महासागरीय कटक के पाम तथा उसमें दूर (ज्वालामुखी का निर्माण पहले इन्हीं कटक के पाम होता है, बाद में ये उससे दूर हटते जाते हैं। इस तथ्य को पहले ही स्पष्ट किया जा चुका है)। इस तरह वे ज्वालामुखियों का सम्बन्ध प्लेट के रचनात्मक किनारों से होता है। 2. परिप्रशांत पर्वतीय मेखला तथा अल्पाइन पर्वतीय मेखला के साथ अर्थात् विनाशात्मक प्लेट किनारे के साथ। 3. भूभ्रंश घाटियों के साथ। इनके अलावा जो ज्वालामुखी महाद्वीपों के अन्दर पाये जाते हैं उनका सम्बन्ध कम से कम वर्तमान प्लेट के किनारों से नहीं हो पाता है। रचनात्मक प्लेट-किनारे (उपर वर्णित प्रथम प्रकार) के साथ मिलने वाले ज्वालामुखियों का लावा tholeiites होता है जो कि एक प्रकार का बेसाल्ट होता है जिसमें पोटाश कम होता है तथा जिसका निर्माण मैग्मेटिक में विशेष गलन (differential melting) के कारण होता है। परिप्रशांत तथा अल्पाइन वलित पर्वतीय मेखला से सम्बन्धित (विनाशात्मक प्लेट किनारे के ज्वालामुखी) ज्वालामुखी के बेसाल्ट लावा में सिलिका की मात्रा अधिक होती है तथा उसमें एण्डेसाइट, डेसाइट

(dacite) एवं रायोलाइट (rhyolites) भी मिले रहते हैं। भूभ्रंश घाटियों से सम्बन्धित ज्वालामुखियों का लावा क्षार (alkalis) युक्त होता है। इन्हें क्षार युक्त बेसाल्ट भी कहा जाता है। महासागरीय कटक तथा द्वीपों की बेसाल्ट तथा परिप्रशांत मेखला की एण्डेसाइट-डेसाइट-रायोलाइट ज्वालामुखी शील के बीच सीमा को एण्डेसाइट रेखा (Andesite Line) कहते हैं। इस तरह यह रेखा सियाल युक्त महाद्वीपीय कटक एवं शीला (sima) युक्त महासागरीय कटक के बीच विभाजक रेखा होती है।

मध्य महासागरीय कटक के सहारे सक्रिय ज्वालामुखी शृंखलाएँ मिलती हैं। प्लेट-संचलन के कारण दो प्लेट इस कटक से अलग होकर विपरीत दिशाओं में गतिशील होते हैं। परिणामस्वरूप ऊपरी दाब के कम हो जाने के कारण ऊपरी मैग्मेटिक के आतंक रूप में पिघल जाने के कारण थोलाइटाइट बेसाल्ट (tholeiitic basalt) का निर्माण होता है, तथा वह मैग्मेटिक से ऊपर उठने वाली सवहन तरंगों के कारण दरारी प्रवाह (fissure eruption or flow) के रूप में ऊपर आती है तथा शीतल होने पर ठोस होकर नवी सागरीय कटक का निर्माण करती है (चित्र 109)। इस क्रिया के कारण मध्य महासागरीय कटक के सहारे समानान्तर कटक का निर्माण होता है। सागर-नितल प्रसरण (ocean floor spreading) के कारण बेसाल्ट की ये समानान्तर पट्टियाँ (उत्तर-दक्षिण, दिशा





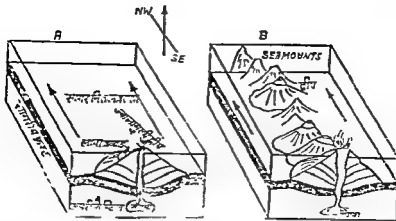
चित्र 110

सागर-नितल में मैग्नेटा की पट्टी (मध्य महासागरीय कटक के पास) का निर्माण। 1 पिचला मैग्नेटा कटक के केन्द्र के ऊपर आता है तथा नीतल होकर ठोस हो जाता है। उस समय भू-चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा के अनुरूप इस मैग्नेटा का चुम्बकन होता है। यह सामान्य चुम्बकन (normal magnetization) की स्थिति है। 2 सागर-नितल के प्रसरण के कारण पूर्व निर्मित मैग्नेटा पट्टी कटक से दूर खिसक जाती है। इसी बीच भू-चुम्बकीय क्षेत्र (geomagnetic field) का उत्क्रमण हो जाता है तथा जब नया मैग्नेटा ऊपर आकर ठोस होता है तो उसका चुम्बकन उत्क्रमण भू-चुम्बकीय क्षेत्र (reversed geomagnetic field) के अनुरूप होता है तथा 3 जब पुनः भू-चुम्बकीय क्षेत्र अपनी सामान्य स्थिति में आ जाता है तो नयी मैग्नेटा पट्टी का चुम्बकन उसी के अनुरूप होता है। चित्र 110 के ऊपर A में धनात्मक चुम्बकीय विमर्गित नया—ऋणात्मक चुम्बकीय विमर्गित को प्रदर्शित करने है।

में मध्य कटक के दोनों ओर) कटक में दूर हटती जाती है (गतिशील प्लेट के अनुगामी किनारे trailing margin पर जुड़ती जाती है)। इस तथ्य का सत्यापन सागर-नितल में दुराचुम्बकीय धारीदार पट्टियों (magnetic stripes) के समानान्तर एकांतर रूप (parallel but alternate pattern of positive and negative anomalies) से होता है। चित्र 110 में यह तथ्य प्रदर्शित किया गया है (कि ऊपर उठता मैग्नेटा कटक पर पहुँचने के बाद नीतल एवं ठोस होकर किस तरह उसके दोनों ओर स्थानांतरित हो जाता है (चित्र 93 तथा 94 को भी देखिये)। आइसलैण्ड इसका अच्छा उदाहरण प्रस्तुत करता है क्योंकि यह मध्य अटलांटिक कटक के दोनों ओर स्थित है। द्वीप के मध्य में मध्य अटलांटिक कटक (Reykjanes ridge) गुजरता है जिसके सहारे नीचे से बेसाल्ट का उद्गारण ऊपर की ओर होता है। हेल्गाफेल्ल (Hafnagell) ज्वालामुखी का 1973 में उद्भव इसका प्रमाण है। बेसाल्टिक लावा के कारण आइसलैण्ड का निरन्तर विस्तार हो रहा है। अनुमान है कि दशमशताब्दी युग के प्रारम्भ (65 मिलियन वर्ष पूर्व) से वर्तमान समय तक इस द्वीप में 400 किमी. तक विस्तार हो गया है, अर्थात् इसके विस्तार की वार्षिक दर लगभग 0.6 सेण्टीमीटर है। द्वीप के बीच में कटक के पास नूतन लावा पाया जाता है। उसके बगल में 2 मिलियन

वर्ष पुराना तथा द्वीप के किनारे पर 65 मिलियन वर्ष प्राचीन लावा पाया जाता है।

मध्य महासागरीय कटक के पास तथा उससे दूर सागर-नितल पर मिलने वाले ज्वालामुखी द्वीपों से भी उपर्युक्त तथ्य का सत्यापन होता है। अटलांटिक महासागर के ज्वालामुखी द्वीप निश्चय ही मध्य अटलांटिक कटक से सम्बन्धित हैं तथा जो सबसे अधिक सक्रिय हैं वे कटक के सबसे करीब पाये जाते हैं। कटक के पास नीचे से मैग्नेटा के ऊपर आने से ज्वालामुखी द्वीपों का निर्माण होता है और जैसे-जैसे सागर-नितल का प्रसरण होता जाता है वैसे-वैसे ये द्वीप कटक से दूर बिस्थापित होते जाते हैं। इन तरह जब ये ज्वालामुखी द्वीप मैग्नेटा के आपूर्ति-स्थल (कटक के नीचे) से दूर होते जाते हैं तो इनकी मैग्नेटा की आपूर्ति (supply) समाप्त हो जाती है। ऐसी दशा में ये द्वीप अवतलित (सागर-तल sea-level के नीचे) होते जाते हैं जिन्हें सागरीय ढोको (sea mounts) या guyots कहते हैं। स्मरणीय है कि सभी ज्वालामुखी द्वीप सागर-तल के नीचे जलमग्नित (submerge) नहीं होते हैं। कई द्वीप सागर-तल से 1500 से 3000 मीटर ऊपर भी रहते हैं। अटलांटिक महासागर-स्थित ज्वालामुखी द्वीपों के लावा के अध्ययन के आधार पर शत हुआ है कि जो द्वीप मध्य अटलांटिक कटक के करीब हैं उनका लावा नूतन है तथा दूरस्थ स्थित द्वीपों का लावा



चित्र 111

सागर-नितल प्रसरण तथा ज्वालामुखी द्वीप का निर्माण। A लगभग 70 मिलियन वर्ष पूर्व प्रथम ज्वालामुखी द्वीप का निर्माण, B वर्तमान स्थिति। सागर-नितल प्रसरण के कारण बढ़ते निम्न ज्वालामुखी द्वीप मैग्मा-केन्द्र (मध्य महासागरीय कटक) से दूर होते गये हैं।

प्राचीन है। उदाहरण के लिए मध्य अटलांटिक कटक के दोनों ओर स्थित अजोर्न द्वीप का प्राचीनतम भाग 4 मिलियन वर्ष पुराना है जबकि अर्दीना तट के पास (कटक से दूरस्थ) केप वॉर्ड द्वीप का प्राचीनतम भाग 120 मिलियन वर्ष पुराना है। चित्र 111 में सागर-नितल प्रसरण, ज्वालामुखी-क्रिया, ज्वालामुखी द्वीपों का निर्माण तथा कटक से उनका दूर हटना दिखाया गया है।

हवाई द्वीप के ज्वालामुखी का स्पष्टीकरण, यद्यपि देखने में प्लेट टेक्टॉनिक सिद्धान्त के मुताबिक नजर नहीं आता, भी किया जा सकता है। हवाई द्वीप पिछले द्वीप, इम्पेयर सीमाउल्स, कमचटका ज्वालामुखी द्वीप भाग का दक्षिणी—पूर्वी विस्तार है तथा पूर्वी प्रान्त महा-सागरीय कटक से काफी दूर है। परन्तु इस पर (हवाई द्वीप) सक्रिय ज्वालामुखी मिलते हैं जबकि उपर्युक्त द्वीप भाग में प्रसुप्त (dormant) ज्वालामुखी मिलते हैं एवं उनका भाग अल्पकालिक प्राचीन है। यह विचित्रता क्या जाता है कि हवाई द्वीप के नीचे सक्रिय लावा-धारा है (Plume यह ऐसा मैग्मास्रोत होता है जिसमें पिघली शैल-मैग्मा की आपूर्ति दीर्घ काल तक होती रहती है) जिसमें पिछले 70 मिलियन वर्षों तक लावा का उद्वहन होता रहा है। चित्र 111 के अनुसार प्लेट संचलन के कारण प्रान्त महासागर-नितल का पूर्वी प्रान्त महा-सागरीय कटक में अंतर्गत होकर ३० ५० डिग्री की ओर 9 सेन्टीमीटर प्रतिवर्ष की दर से प्रसरण होता रहा जिस कारण Plume युक्त ज्वालामुखी निधर का भी ३० ५०

की ओर नक्काव हुआ। इसी केन्द्र में हवाई द्वीप के ज्वालामुखियों के लावा की आपूर्ति होती रही है। इस केन्द्र से निम्न ज्वालामुखी द्वीप जैसे-जैसे सागर-नितल प्रसरण के कारण दूर (३० ५० की ओर) होते गये वैसे-वैसे उनके लावा की आपूर्ति स्थागित हो जाने के कारण वे प्रसुप्त (dormant) होने लगे (चित्र 111)।

ज्वालामुखी-निधर युक्त गीप चाप तथा उनके पास स्थित सागरीय गड्ढे (Trenches) का निर्माण उस समय होता है जबकि सागरीय क्रस्ट बांध प्लेट का या बेनी-ऑफ मंडल (Benioff zone) का महाद्वीपीय क्रस्ट प्लेट के नीचे क्षेपण (subduction) होता है। महा-द्वीपीय प्लेट और उसके नीचे क्षेपित (subducted) महासागरीय प्लेट के रगड़ के कारण 700 किमी की गहराई तक भू-कम्पीय शक्तें उत्पन्न होने हैं, साथ ही साथ ऊष्मा जनित होती है जिस कारण ऊपरी मैग्मा के पदार्थ (सागर नितल के लावा एवं ऊपर स्थित अवसाद के भाग) पिघल जाते हैं तथा मैग्मा का निर्माण होता है। स्मरणीय है कि द्वीपचाप के ज्वालामुखियों का निर्माण ऐसी बेसाल्स में हुआ है जिसमें सोडियम की मात्रा अधिक होती है। इस तरह की बेसाल्स का निर्माण उस समय होता है जब कि इनका उद्भेदन जल में होता है तथा सागरीय जल के साथ उनमें प्रतिक्रिया या अभि-क्रिया (reaction) होती है। इस तरह की बेसाल्स के ऊपर एण्डेसाइट का आवरण होता है। एण्डेसाइट अनेका-

कृत कम घनत्व वाली होती है जिसमें मिलिकन की मात्रा बेसाल्ट की अपेक्षा अधिक होती है। दोनों में यह अन्तर मैग्मा के ऊपर स्थित शील में प्रवाह की दूरी पर निर्भर करता है। जैसे-जैसे मैग्मा ऊपर उठता है तथा ऊपर स्थित शील से मिलता है वैसे-वैसे घनत्व में आधार पर डमका विभाजन होता जाता है। परिप्रशान्त वलित पर्वतीय मैग्मा में महारे एण्डेसाइट-डैसाइट-रायोलाइट की उत्पत्ति के विषय में विद्वानों में मतान्तर है—

(i) रिगवुड (Ringwood, 1974) के अनुसार बेनीऑफ मण्डल के क्षेपित होने हुए गम्भीरबोलाइट (महासागरीय प्लेट का पदार्थ) के आशिक रूप में एवं अत्यधिक गहराई में क्वार्ट्ज डक्लोजाइट से पिघलने में एण्डेसाइट-डैसाइट-रायोलाइट का निर्माण होता है।

(ii) गिल्लूनी (Gilluly) के अनुसार एण्डेसाइट-डैसाइट-रायोलाइट का निर्माण मागरीय बोलाइसाइट (tholeiite) या एम्फीबोलाइट या डक्लोजाइट के आशिक रूप में पिघलने एवं उनके मागर-नितल अवसाद जैसे कि वायु-प्रस्तर, चट्ट एवं रेडियोनैरियन ऊर्जा के साथ मिस्रण के कारण होता है।

क्षेपण-मण्डल (subduction zone) की गहराई तथा मागरीय खड्ड से दूरी में वृद्धि के साथ एण्डेसाइट की रचना में अन्तर आता जाता है। इस तथ्य द्वारा आग्नेय-क्रिया या ज्वालामुखी-क्रिया तथा आग्नेय शैल प्रकार एवं प्लेट टेक्टॉनिक सिद्धान्त में महारे सम्बन्ध का सत्यापन हो जाता है। महाद्वीपीय भागों पर वलित पर्वतों के पेनाइट का निर्माण एवं बैथोलाइट के प्रवेश को प्लेट टेक्टॉनिक सिद्धान्त में आधार पर स्पष्ट किया जा सकता है। प्लेटों के टकराव के कारण जब वलित पर्वतों का निर्माण होता है तो महाद्वीपीय शैल अत्यधिक गहराई तक पहुँच कर पिघल जाती है तथा मैग्मा का निर्माण होता है। इस मैग्मा की मरचना (composition) तथा सागरीय द्वीप-चाप के ज्वालामुखियों के लावा एवं क्षेपण-मण्डल (subduction zone) के एण्डेसाइट लावा की मरचना में भारी अन्तर होता है। महाद्वीपीय शैल में कम घनत्व वाले पदार्थों जैसे सिलिका एवं अल्युमिनियम आक्साइड का अत्यधिक प्रतिशत रहता है। जब ये पदार्थ पिघलते हैं तो उपर्युक्त पदार्थों युक्त मैग्मा का निर्माण होता है। कम घनत्व के कारण यह मैग्मा क्रस्ट में ऊपर प्रविष्ट होता है जिस कारण वलित पर्वतों में उद्यान तो होता ही है, उनमें फेनोफार, क्वार्ट्ज युक्त पेनाइट बैथोलाइट का निर्माण होता है। छोटा मागपुर पठार के रोंची बैथोलाइट का सम्बन्ध आकियन पर्वतीकरण से जोड़ा जा सकता है।

महाद्वीपीय पर लावा-निर्मित विस्तृत पठारों का स्पष्टीकरण भी प्लेट टेक्टॉनिक सिद्धान्त के आधार पर हो जाता है। प्रायद्वीपीय भारत, ब्राजील, संयुक्त राज्य अमेरिका के कोलम्बिया पठार के लावा-प्रवाह से निर्माण की प्रक्रिया का सम्बन्ध महाद्वीपीय विभंजन (continental breaking) से जोड़ा जा सकता है। ८० अमेरिका तथा अफ्रीका के अलग-अलग के कारण ब्राजील लावा पठार का, आस्ट्रेलिया-अफ्रीका में भारत के उत्तर की ओर सरकने के कारण प्रायद्वीपीय भारत के लावा पठार का, ३० अमेरिका से युरोप के अलग-अलग के कारण स्कॉटलैण्ड के लावा पठार का निर्माण हुआ होगा। ३० ५० संयुक्त राज्य अमेरिका के कोलम्बिया पठार का निर्माण या तो क्षेपण मण्डल (subduction zone) या महासागरीय बटव में मैग्मा के ऊपर आने से हुआ माना जा सकता है।

अन्तः प्लेट संचलन (Intra-Plate Movement)

प्लेट टेक्टॉनिक सिद्धान्त के अनुसार प्लेट अत्यन्त दृढ़ होते हैं तथा प्लेट का क्षैतिज संचलन (horizontal movement) ही अधिक महत्वपूर्ण होता है। परन्तु प्लेट के भीतरी भाग में भी महादेशजनक संचलन (epeirogenetic movement) होता है जिस कारण धरातल का भाग या तो ऊपर उठता है या नीचे चला जाता है। प्लेट के किनारे पर यद्यपि ज्वालामुखी तथा भूकम्पीय घटनाएँ सर्वाधिक होती हैं तथापि प्लेट किनारों से दूर भी ये घटनाएँ कभी-कभी घटित हो जाती हैं। उदाहरण के लिये संयुक्त राज्य अमेरिका में अटलांटिक तट के पास काल्स्टन तथा मिसौमीपी घाटी में म्यू मैड्रिड के पास एवं भारत में कोयना (1967) के पास जोरदार भूकम्पीय घटनाएँ हुई हैं। इसी तरह महासागरीय प्लेट के मध्य प्लेट उभार (midplate rises) के उदाहरण (३० ५०) प्रशान्त महासागर का Shatsky Rise, उत्तरी अटलांटिक के पश्चिम में Bermuda Rise, ब्राजील के दक्षिण तट से दूर Rio Grande Rise) मिलते हैं। महाद्वीपीय के भीतरी भाग में मुम्बदीय उभार की घटनाएँ हुई हैं। प्लेट के अन्तर्गत इस तरह के सम्भव संचलन का स्पष्टीकरण अभी तक प्लेट टेक्टॉनिक सिद्धान्त के आधार पर नहीं हो पाया है। कुछ विद्वानों के अनुसार शैल में उत्पन्न अपेक्षाकृत कम शक्तिशाली सवहन धाराओं के कारण प्लेट में सम्भवतः संचलन होता है तथा तन्त्रित महादेशजनक बल के कारण प्लेट के भीतरी भागों में उद्यान तथा उभार की क्रियाएँ होती हैं।

# सन्तुलन का सिद्धान्त

(Doctrine of Isostasy)

सन्तुलन का तात्पर्य—भूतल पर पर्वत पठार, मैदान शीलों तथा महासागर आदि पाये जाते हैं, जिनके आकार में पर्याप्त अन्तर पाया जाता है, फिर भी वे आकृतियाँ भूतल पर स्थिर हैं। इस प्रकार प्रकट होता है कि ये आकृतियाँ एक निश्चित नियम के अनुसार सन्तुलित हैं, अन्यथा इनका वर्तमान रूप में स्थिर रहना कठिन होता। जब कभी इस सन्तुलन में परिवर्तन होता है तो भयंकर भू-हलचल तथा भू-परिवर्तन होता रहता है। इस प्रकार सामान्य रूप से सन्तुलन (Isostasy) का अर्थ इस रूप में बताया जा सकता है—“परिष्कृत करने की दृष्टि से ऊपर स्थित क्षेत्रों (पर्वत, पठार तथा मैदान) एवं पहाड़ी में स्थित क्षेत्रों (शोच, समुद्र आदि) में भौतिक अथवा धार्मिक स्थिरता की दशा की ही सन्तुलन की दशा कहते हैं।” “Isostasy simply means a mechanical stability between the upstanding parts and lowlying basins on a rotating earth.”

“आइसोस्टेसी” शब्द (The Word Isostasy) ग्रीक शब्द ‘आइसोस्टेसियस’ (Isostasious) से लिया गया है, जिसका तात्पर्य “समस्थिति” (In equisposia) से होता है। यद्यपि इस क्षेत्र (सन्तुलन) में कार्य बहुत पहले (1859) में ही आरम्भ हो गया था फिर भी सन्तुलन (Isostasy) शब्द का प्रयोग सर्वप्रथम अमेरिका के प्रसिद्ध भूगर्भवेत्ता डटन (Dutton) ने 1889 ई० में किया। इनका मुख्य उद्देश्य भूतल से असमतल भागों अर्थात् घातल के बड़े-बड़े ऊँचे उठे भागों जैसे पर्वत एवं पठार तथा नीचे घँसे हुए भागों (Ocean basins) में स्थिरता (Stability) अथवा सन्तुलन (Balance) स्थापित करना था। डटन का यह मत था कि पृथ्वी के ऊँचे-ऊँचे पर्वत, पठार, मैदान तथा सामुद्रिक तली (Ocean basins) के नीचे स्थित पदार्थ का भार बराबर होगा। डटन के अनुसार ऊँचे उठे भागों का घनत्व कम होगा तथा नीचे घँसे भागों का घनत्व अधिक होगा, सभी सबका भार एक रेखा के सहारे बराबर होगा। इस आधार-तल को “समवबाव तल” (Level of uniform

pressure) अथवा “समतोल-तल” (Isostatic level) अथवा “क्षतिपूर्ति-तल” (Level of Compensation) कहा जा सकता है।

इस तल के सहारे सभी भागों का भार अथवा दबाव बराबर होना चाहिए। जब किसी कारण से एक भाग का भार या दबाव बढ़ जाता है तथा दूसरे का कम हो जाता है तब भू-सन्तुलन समाप्त हो जाता है। इस सन्तुलन को पुनः स्थापित करने के लिए क्षतिपूर्ति (Compensation) करना होगा। नदियों द्वारा सागर में तथा डेल्टाई भाग में निक्षेप होने लगता है तब डेल्टाई भाग का भार बढ़ने लगता है तथा पहाड़ी भाग का भार कम होने लगता है। घनत्वपूर्ण भू-सन्तुलन समाप्त हो जाता है। इसे स्थापित करने के लिए पहाड़ी भाग ऊपर उठने लगता है तथा डेल्टाई भाग नीचे घँसकरने लगता है, और नीचे-नीचे डेल्टाई भाग का मलबा पहाड़ी भाग के नीचे आने लगता है, ताकि सन्तुलन बना रहे। संक्षेप में कहा जा सकता है कि (पृथ्वी का प्रत्येक भाग नियमानुसार एक स्थिर अवस्था में स्थित है। इन दशा को सन्तुलन की दशा कहते हैं। इस प्रकार पृथ्वी के घातल पर जहाँ कहीं भी सन्तुलन होता है, वहाँ पर बराबर घातलतल क्षेत्र के नीचे पदार्थ की बराबर राशि या पिण्ड (Mass) होता है। (This doctrine states that wherever equilibrium exists on the earth's surface, equal mass must underlie equal surface areas)” J. A Steers, The Unstable Earth, Page, 71, 1961)

सन्तुलन के सिद्धांत का साधारणतौर पर यह तत्पर्य होता है कि पृथ्वी में एक ऐसा तल (क्षतिपूर्ति तल- Level of Compensation) होता है जिसके ऊपर चट्टानों की रचना के अनुसार विभिन्न भागों के पदार्थों के घनत्व में अन्तर पाया जाता है लेकिन उस तल के नीचे घनत्व सर्वत्र समान होता है। किसी भाग के घनत्व तथा ऊँचाई में उल्टा अनुपात (Inverse proportion) होता है। अर्थात् ऊँचे भाग का घनत्व कम होगा तथा निचले भाग का घनत्व अधिक होगा। इस प्रकार पर्वतों

1. ऊँचा भाग-कम घनत्व और नीचा भाग-अधिक घनत्व।

का घनत्व पठारों से कम तथा पठारों का मैदानों से कम एवं मैदानों का घनत्व सागर-तली से कम होगा। परन्तु यहाँ पर यह याद रखना होगा कि प्रत्येक भाग (Column) क्षतिपूर्ति-तल (Level of Compensation) पर बराबर दबाव रखता है। इस विषय में अनेक मत हैं जिनकी विवेचना हम आगे करेंगे।

संतुलन के सिद्धांत की खोज (Discovery of Doctrine of Isostasy)—संतुलन के सिद्धांत का विचार अचानक भूगर्भवेत्ताओं ने मस्तिष्क में आया। मन् 1859 ई० में सिन्ध-गंगा के मैदान के अक्षांशों के निर्धारण हेतु, भूसर्वेक्षण (Geodetic Survey) हो रहा था। उस समय कल्याण तथा कल्याणपुर नामक दो स्थानों का अक्षांशीय माप त्रिभुजीकरण (Triangulation) तथा खगोलीय विधि (Astronomical method) के अनुसार लिया गया तो दोनों मापों में  $5.236''$  का अन्तर आ गया<sup>1</sup>। कल्याण हिमालय से केवल 60 मील दूर स्थित था। इस प्रकार अब दोनों मापों में अन्तर आने का कारण पूछा गया तो एयरी महोदय ने बताया कि यह अन्तर हिमालय पर्वत की निकटता के कारण था क्योंकि हिमालय अपनी आकर्षण शक्ति में पेण्डुलम को आकर्षित कर रहा था।

इस तरह प्रथम तथ्य का सूत्रपात हुआ कि हिमालय की आकर्षण शक्ति माप में अन्तर का कारण थी। जब यह समस्या प्राट महोदय (Archdeacon Pratt) के सामने रखी गयी तो उन्होंने एक नई व्याख्या प्रस्तुत की। उन्होंने यह मान लिया कि महाद्वीपों की तरह हिमालय भी सिंघाल का बना था, जिसका घनत्व 2.75 था। इस आधार पर जब उन्होंने गणना की तो यह अन्तर और आना चाहिये था जो कि  $15.885''$  के बराबर था। इस प्रकार प्राट ने इस मत का अनुमोदन किया कि माप का अन्तर केवल  $5.236''$  न होकर  $15.885''$  होना चाहिये था। अर्थात् हिमालय को पेण्डुलम की ओर अधिक आकर्षक करना चाहिये था। प्राट के अनुसार हिमालय यदि 2.75 घनत्व वाला जैल का बना है तो वह सही रूप में अपनी आकर्षण शक्ति का प्रयोग नहीं कर रहा है। आगे चल कर एयरी तथा प्राट

की व्याख्याओं (Interpretations) ने एक दूसरी समस्या को जन्म दिया—हिमालय की कम आकर्षण शक्ति का वास्तविक कारण? इस कारण के लिए अनेक गुंथाव दिये गये -

1 हिमालय एक खोखला भाग है जिसके अन्दर चट्टान न होकर बुलबुले (Bubbles) हैं। इस कारण से पर्वत का भार तथा घनत्व कम होगा, जिस कारण माप में अन्तर आ गया। यह मत सर्वथा काल्पनिक सिद्ध कर दिया गया है क्योंकि यह न्यायसंगत नहीं है कि बुलबुले का बना इतना ऊँचा खोखला पर्वत धरातल पर टिक सकता है।

2 हिमालय के ऊपर अत्यधिक पदार्थ का संतुलन उसके नीचे कम घनत्व वाले पदार्थ से होता है। इस कारण नमस्त भार कम होगा तथा आकर्षण शक्ति कम होगी। (Excess of matter of the Himalayas was Compensated for by a deficiency of density beneath the surface either locally or a field)

3 हिमालय की शैल का घनत्व स्वयं कम होगा जिस कारण पर्वत का भार तथा आकर्षण शक्ति कम होगी।

4 यह माना गया है कि पृथ्वी के अन्दर एक ऐसा तल (Level) होता है कि जिसके नीचे घनत्व में अन्तर नहीं होता है। केवल इस तल के ऊपर ही अन्तर पाया जाता है। इस प्रकार इस तल के सहारे सभी भाग (Masses) बराबर भार रखते हैं। इस आधार पर यह मान लिया गया है कि जितना ही बड़ा भाग होगा घनत्व उतना ही कम होगा तथा जितना ही छोटा भाग होगा, उतना ही घनत्व अधिक होगा (Bigger the column, lesser the density and smaller the column, greater the density).

इस प्रकार धीरे-धीरे संतुलन के सिद्धांत का प्रतिपादन हुआ। इस सिद्धांत के विषय में कई विद्वानों ने अपने मत प्रस्तुत किये हैं जिनमें पर्याप्त अन्तर मिलवा है। यहाँ पर हम कुछ प्रमुख विद्वानों के मतों की विवेचना करेंगे।

1. त्रिभुजीकरण विधि द्वारा परिणाम =  $5^{\circ} 23' 42.294''$

खगोलीय विधि द्वारा परिणाम =  $5^{\circ} 23' 37.058''$

अन्तर =

$5.236''$

### सर आर्ज एयरी का मत (Airy's Views)

एयरी ने बताया है कि हिमालय का आन्तरिक भाग खोखला नहीं हो सकता है। वास्तव में अधिक पदार्थ का भार नीचे में कम पदार्थ द्वारा सन्तुलित हो जाता है। उन्होंने सर्वप्रथम इस मत का सुझाव दिया कि पृथ्वी की "क्रस्ट" (पपड़ी) अधिक घनत्व वाले अधस्तर (Substratum) में तैर रही है। अर्थात् 'सियाल', 'सीमा' पर तैर रहा है। इस प्रकार हिमालय भारी ग्लासी मैग्मा में तैर रहा है। उन्होंने आगे पुन स्पष्ट किया-कि हिमालय केवल धरातलीय आवृत्ति ही नहीं है तथा केवल अधस्तर के ऊपरी भाग तक ही नहीं तैर रहा है, बल्कि काफी नीचे तक प्रविष्ट है जिस प्रकार एक ताल पानी में तैरती है तथा उसका अधिकांश भाग जल में डूबा रहता है उसी प्रकार हिमालय भी अधिक घनत्व वाले मैग्मा में तैर रहा है तथा उसका अधिकांश भाग नीचे काफी गहराई तक व्याप्त है। इस विचार को दूसरे रूप में भी समझाया जा सकता है। जिस प्रकार बर्फ का टुकड़ा (Iceberg—प्लायी हिम शैल) जब जल में तैरता है तो उसके एक भाग को जल के ऊपर रहने के लिए उसका नी (9) भाग जल में रहना आवश्यक है, उसी प्रकार यदि महाद्वीपीय भागों का औसत घनत्व 2.67 तथा सबस्ट्रैटम का 3.00 मान लिया जाय तो क्रस्ट के प्रत्येक भाग को सबस्ट्रैटम के ऊपर रहने के लिए क्रस्ट के (9) भाग को सबस्ट्रैटम के नीचे रहना पड़ेगा। यहाँ पर यह स्मरणीय है कि एयरी ने आर्कसिबर्ग के तैराव (Floation) का उद्धरण प्रस्तुत नहीं किया है, वरन् उन्होंने इतना ही बताया है कि स्थल भाग मैग्मा पर ताल की तरह तैर रहा है।<sup>1</sup> यदि तैराव के उपर्युक्त सिद्धांत को एयरी के सिद्धान्त में प्रयुक्त किया जाय तो हिमालय जितना ऊपर है (8488 मीटर) उसका नी गुना भाग नीचे की तरफ होगा। यदि हिमालय की ऊँचाई मीटर-तौर पर 8488 मीटर मान ली जाय तो  $8488 \times 9 = 76392$  मीटर तक का भाग जो कि हल्के पदार्थों का होगा, सबस्ट्रैटम में होगा।

इस प्रकार एयरी ने यह बताया कि हिमालय अपनी वास्तविक आकर्षण शक्ति का प्रयोग कर रहा है यद्यपि

इसकी हल्के पदार्थ वाली एक लम्बी जड़ (Root) है जो कि सबस्ट्रैटम में है तथा यह हल्के पदार्थ वाली एक लम्बी जड़ ऊपर के पदार्थ को सन्तुलित कर देती है। इन आधारों पर एयरी ने अपने इस मत का प्रतिपादन किया कि जो भाग अधिक ऊँचा होगा उसका अधिक भाग सबस्ट्रैटम में डूबा होगा और जो भाग कम ऊँचा होगा उसका कम भाग डूबा रहेगा।

एयरी ने पुन बताया कि विभिन्न स्तम्भों (Columns) का घनत्व बराबर होता है तथा उनकी गहराई में परिवर्तन होता है (Uniform density with varying thickness)। अर्थात् महाद्वीपीय भाग एक ही प्रकार के घनत्व वाली शैलों का बना है परन्तु उसके विभिन्न भागों की गहराई (Thickness or length) में पर्याप्त अन्तर पाया जाता है। इस बात को प्रमाणित करने के लिए एयरी ने लोहे के विभिन्न आकार तथा लम्बाई वाले टुकड़े लिए तथा उन्हें पारे से भरी बेसिन में डुबो दिया। ये टुकड़े अपने आकार के अनुसार भिन्न-भिन्न गहराई तक डुबते गये। इसी बात को लड़कियों के टुकड़ों को जल में डुबा कर भी प्रमाणित किया जा सकता है। उपर्युक्त तथ्य चित्र 112 से स्पष्ट हो जाता है।

माराज ने एयरी के मत को इस प्रकार व्यक्त किया जा सकता है कि ऊँचे उठे भागों की गहराई तक अपनी लम्बी जड़ से सबस्ट्रैटम के अधिक घनत्व वाले भाग को हटा देते हैं, जिस कारण ऊँचे उठे भागों के नीचे काफी गहराई तक हल्के पदार्थ का विस्तार होता है। ऐसा पूर्वोक्त विषय में होता है। इस प्रकार ये सन्तुलित होकर पृथ्वी पर स्थित हैं। इसमें विपरीत कम ऊँचे भाग अथवा निचले भाग कम गहराई तक प्रविष्ट होते हैं, अतः वे अधिक घनत्व वाले भाग को छोड़ी मात्रा में ही हटा पाते हैं, जबकि उनके नीचे सबस्ट्रैटम का अधिक घनत्व वाला पदार्थ अधिक मात्रा में होता है। इस प्रकार ऊँचे उठे भाग तथा निचले भाग एक भाग सन्तुलित होकर खड़े रहते हैं। प्रत्येक भाग (Column)

1. The State of the earth's crust lying upon lava may be compared with perfect correctness to the raft of a timber, floating upon the water, in which, if we remark one log whose surface floats much higher than the upper surfaces of the other we are certain that its lower surface lies deeper in the water than the lower surfaces of the others" Airy, G. B. Introduction to Geographical Prospecting by Dorbin, Page 36.

सन्तुलन तल या रेखा (Balance line) पर बराबर भार रखता है।

यद्यपि वर्तमान समय में एयरी के मत को सबसे अधिक समर्थन प्राप्त है तथापि इसमें भी कुछ दोष अवश्य



चित्र 112

सर जार्ज एयरी के अनुसार सन्तुलन की स्थिति।

हैं। यदि एयरी के मत को मान्यता प्रदान की जाती है तो प्रत्येक ऊपर स्थिति भाग अपनी ऊँचाई के अनुसार नीचे की तरफ जड़ रखते हैं। इन प्रकार हिमालय की लगभग 8488 मीटर गहरी जड़ होगी (8488 मी.  $\times$  9 = 76392 मीटर) यह भी ज्ञात तथ्य है कि ऊपरी भाग से पृथ्वी के नीचे जाने पर तापक्रम प्रति 32 मीटर पर  $1^\circ$  सेण्टीग्रेड बढ़ जाता है। इस प्रकार हिमालय की इतनी लम्बी जड़ 76392 मीटर की गहराई पर अत्यधिक ताप के कारण पिघल जायेगी। अतः यह मत यहाँ पर भ्रामक प्रतीत होता है।

प्राट का मत (Views of Archdeacon Pratt)  
प्राट महोदय ने कल्याण तथा कल्याणपुर के लिये गये अक्षांशीय माप के अन्तर (5 23' 6") को भली-भाँति पढ़ा तथा हिमालय का औसत घनत्व 2.75 मानकर उसकी भावपूर्ण शक्ति की गणना की तो पता चला कि यह अन्तर 15 885'' का होना चाहिए था। प्राट ने हिमालय की चट्टानों तथा समीपवर्ती मैदान की चट्टानों के अध्ययन के आधार पर यह निष्कर्ष निकाला कि पर्वत काफी हल्के पदार्थों (कम घनत्व वाले पदार्थों) के बने हैं। इस आधार पर इन्होंने बताया कि पहाड़ों का घनत्व पठारों से कम, पठारों का मैदानों से कम तथा मैदानों का घनत्व समुद्र-तली से कम होता है। अर्थात् ऊँचाई एवं घनत्व में उल्टा अनुपात होता है। प्राट के अनुसार एक क्षतिपूर्ति तल (Level of compensation) होता है जिसके ऊपर घनत्व में अन्तर पाया जाता है तथा नीचे समान घनत्व होता है। एक

स्तम्भ (Column) में घनत्व नहीं बदलता है, परन्तु एक स्तम्भ से दूसरे स्तम्भ के घनत्व में अन्तर पाया जाता है इस प्रकार प्राट ने अपने प्रमुख मत "Uniform depth with varying density" का प्रतिपादन किया।



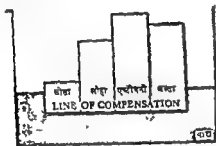
चित्र 113

प्राट के अनुसार क्षति-पूर्ति रेखा।

प्राट के अनुसार पृथ्वी में एक सीमित क्षेत्र होता है, जिसमें घनत्व में अन्तर पाया जाता है। क्षति-पूर्ति रेखा (Line of compensation) के सहारे धरातल के बराबर क्षेत्र के नीचे बराबर मात्रा (Mass) होना चाहिए। इस तथ्य को एक उदाहरण द्वारा समझा जा सकता है।

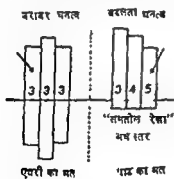
चित्र 113 में समतोल रेखा के सहारे दो स्तम्भ हैं। A तथा B के धरातलीय क्षेत्र बराबर हैं, परन्तु उनकी ऊँचाई में पर्याप्त अन्तर है। लेकिन दोनों का भार सन्तुलन के लिए कम्पनसेशन रेखा के सहारे बराबर होना चाहिये (Equal mass must underlie equal surface area)। इसके लिये A स्तम्भ का घनत्व कम तथा B स्तम्भ (Column) का घनत्व अधिक होना चाहिये, ताकि दोनों का भार सन्तुलन रेखा पर बराबर हो सके। इस प्रकार प्राट ने इस मत का प्रतिपादन किया, कि ऊँचाई तथा घनत्व का उल्टा अनुपात होगा—ऊँचा स्तम्भ कम घनत्व, नीचा स्तम्भ अधिक घनत्व (Bigger the column lesser the density, smaller the column, greater the density)। प्राट के अनुसार घनत्व में अन्तर केवल स्थलमण्डल में होता है, Pyrosphere तथा Barysphere में नहीं होता है। इस प्रकार प्राट का विश्वास सैराब के नियम (Law of floatation) में न होकर क्षतिपूर्ति तल के नियम (Law of Compensation) में था। प्राट के अनुसार पृथ्वी के विभिन्न उच्चावच इसलिये दृक् हैं कि उनके घनत्व में अन्तर पाया जाता है, परन्तु उनका भार सन्तुलन रेखा के सहारे बराबर होता है। प्राट के मत की चित्र 114 से समझा जा सकता है। बोवो (Bowic) ने यह मत

व्यक्त किया है कि यद्यपि प्रत्यक्ष रूप में तैराव के नियम (Law of Floatation) में घाट का विश्वास नहीं है परन्तु यदि सूक्ष्म दृष्टि में देखा जाय तो उनके मत में भी इसकी झलक आती है। साथ ही साथ अङ्ग-निर्माण (Root formation) के विचार की झलक भी घाट के सिद्धान्त में देखी जा सकती है—यद्यपि प्रत्यक्ष रूप से घाट यह नहीं मानते हैं। बोबी के अनुसार 'एयरी' तथा 'घाट' के मतों में प्रमुख अन्तर इस रूप में है कि—'एयरी' ने बताया कि विभिन्न स्तम्भों का घनत्व बराबर होता है, केवल उनकी गहराई में अन्तर होता है। घाट ने बताया कि एक समान गहराई में घनत्व में अन्तर होता है।"



चित्र 114

सन्तुलन की स्थिति (घाट के मत का स्पष्टीकरण)।



चित्र 115

एयरी तथा घाट के मतों की तुलना।

The fundamental difference between Airy's and Pratt's views is that the former postulated a uniform density with varying thickness and the latter a uniform depth with varying density;...Bowie, "The Unstable Earth," J. A. Steers, Page 74

हेफोर्ड एवं बोबी के मत (Hayford & Bowie's views)

हेफोर्ड तथा बोबी ने घाट के मत से मिलते-जुलते अपने एक अलग मत का प्रतिपादन किया। हेफोर्ड के अनुसार भूपृष्ठ के नीचे अलग-अलग घनत्व के भाग विद्यमान हैं। परन्तु धरातल से नीचे की तरफ कुछ गहराई में एक ऐसा तल है जिसके ऊपर घनत्व में अन्तर होता है तथा नीचे की तरफ घनत्व समान होता है। हेफोर्ड ने इसे "समतोल तल" (Level of compensation) बताया है। इस तल के ऊपर घनत्व तथा ऊँचाई के साथ उलटा अनुपात होता है। 'समतोल तल' धरातल से 100 किलोमीटर की गहराई पर विद्यमान है। इस तल के ऊपर कम घनत्व वाले चट्टानी भागों की ऊँचाई अधिक तथा अधिक घनत्व वाले चट्टानी भागों की ऊँचाई कम होगी। इस तथ्य को चित्र 116 से भली-भाँति समझा जा सकता है।

चित्र 116 में आन्तरिक मैदान (Interior plain), पठार, तटीय मैदान (Coastal plain) तथा तट से दूर स्थित भाग (Offshore region) के चार स्तम्भ हैं। इनकी ऊँचाई में पर्याप्त अन्तर है परन्तु उनका सन्तुलन घनत्व की विभिन्नता से हो जाता है। इस प्रकार सभी स्तम्भों का भार "समतोल तल" पर बराबर है। चित्र 116 से यह भली-भाँति स्पष्ट है कि ऊँचाई तथा घनत्व में विलोम अनुपात है। "समतोल तल" की विचार-धारा को स्पष्ट करने के लिए बोबी ने एक उदाहरण का सहारा लिया। उन्होंने सोहा, चाँदी, ताँबा सीसा, जस्ता, पाइराइट, टिन तथा निकल के बराबर चौड़ाई तथा मोटाई के आठ टुकड़े लिये जिनकी लम्बाइयाँ भिन्न-भिन्न थीं। इन टुकड़ों को पारे (Mercury) में भरे बेसिन में रखा तो सभी टुकड़ों का निचला तल बराबर था साथ ही साथ कम घनत्व वाले टुकड़े अधिक ऊँचाई में तथा अधिक घनत्व वाले टुकड़े कम ऊँचाई में स्थित थे। इस प्रकार बोबी ने यह बताया कि समान क्षेत्रफल वाले भाग के नीचे का भार समान होता है (Equal mass under equal surface area)। इस प्रकार इन्होंने यह बताया कि विभिन्न आयतन वाले भाग अपने विभिन्न घनत्व से सन्तुलित होकर इस तरह एक दूसरे के साथ रूके हुये हैं कि "समतोल तल" पर उनका भार बराबर है। बोबी का मत चित्र 117 में भली-भाँति स्पष्ट हो जाता है।





चित्र 116

संतुलन की स्थिति (समतोल तल)।

बोबी ने एयरी तथा प्राट के विचारों का तुलनात्मक अध्ययन किया तथा इस निष्कर्ष का प्रतिपादन किया कि दोनों विचार एक से नजर आते हैं यद्यपि, उनमें पूर्ण एकरा नहीं है बल्कि समानता है (Both the views appear to him similar but not the same)। उन्होंने बताया कि एयरी के अनुसार घनत्व विभिन्न स्तरों में समान रहता है जब कि प्राट के अनुसार यह घनत्व बदलता रहता है। बोबी ने हेफोर्ड के इस मत का भी अनुमोदन किया कि "समतोल रेखा" (Line of compensation) के ऊपर घनत्व सम्बन्ध रूप में



(बोबी के आधार पर)

चित्र 117

संतुलन की स्थिति (बोबी के अनुसार)

बदलता है, क्षैतिज रूप में नहीं। बोबी ने पुन बताया कि यद्यपि प्रारम्भ रूप में नहीं तो अप्रत्यक्ष रूप में अवश्य प्राट के विचारों में एयरी की "जड़-बनावट" (Root formation) तथा "तैराव-सिद्धान्त" (Law of floatation) की शलक आती है। बोबी तथा हेफोर्ड के अनुसार धरातलीय भाग सम्बन्ध स्तरों के रूप में है। परन्तु यह मत अमान्य है क्योंकि भूभाग क्षैतिज परत (Horizontal layers) के रूप में है। हेफोर्ड तथा बोबी के अनुसार क्षति प्रति तल (Level of compensation) धरातलीय सतह से 96 या 112 किलोमीटर की गहराई पर पाया जाता है। यदि हम पृथ्वी के आन्तरिक भाग

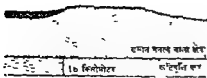
में बढ़ते ताप पर ध्यान दें तो यहाँ पर कुछ आपत्तियाँ आ सकती हैं। इतनी अधिक गहराई पर अधिक ताप के कारण चट्टानों का द्रवणांक बिन्दु (Melting point) आ जाता है। इस प्रकार चट्टानों के पिघल जाने पर "क्षति-प्रति तल" सम्भव नहीं हो सकता है।

जोली का मत (Joly's View)

सन् 1925 में जोली ने संकुचन के सिद्धान्त पर अपना मत प्रस्तुत करते हुये हेफोर्ड तथा बोबी के मत का खण्डन किया। हेफोर्ड तथा बोबी के अनुसार एक "क्षति-प्रति तल" होता है जिसके ऊपर घनत्व बदलता है परन्तु उसके नीचे घनत्व समान होता है। जोली ने बताया कि प्रयोग में ऐसा कोई निश्चित तल नहीं हो सकता है क्योंकि भूगर्भिक क्रियाएँ इनमें आतानी से अव्यवस्था तथा व्यतिक्रम उपस्थित करके इस "क्षति-प्रति तल" को नष्ट कर सकती हैं। जोली के अनुसार "समान घनत्व वाले क्षेत्र के" नीचे 10 मील मोटी परत होती है, जिनके घनत्व में परिवर्तन पाया जाता है। इस दस मील मोटी परत में कम घनत्व वाले क्षेत्र नीचे तक हल्के पदार्थ वाले भूपृष्ठ के रूप में दूबे रहते हैं तथा अधिक घनत्व वाला भाग भारी पदार्थ से भरा होता है। इस प्रकार इस असमान घनत्व वाली परत में विभिन्न घनत्व वाले भागों का निचला तल एक समान न होकर भिन्न-भिन्न होता है। यहाँ पर यह स्पष्ट है कि जोली ने "क्षति-प्रति-तल" को एक रेखा के रूप में न मानकर एक सभूची 10 मील मोटी परत को ही "क्षति-प्रति मण्डल" (Zone of compensation) माना है। इस प्रकार जोली के मत में भी तैराव के सिद्धान्त (Law of floatation) की शलक है परन्तु यह विचार हेफोर्ड एवं बोबी के अनुसार न होकर एयरी के "तैराव सिद्धान्त" के काफी नजदीक है। इस मत के अनुसार भूपटल हल्के पदार्थ सिमाल का बना है जिसका घनत्व 2.67 है तथा भूपर्प से सीमा का बना है जिसका घनत्व 3.00 है। इस सीमा के ऊपर भूपृष्ठ "प्लायो हिम" (Icebergs) की तरह तैर रहा है।

आर्थर होम्स का मत (Views of Arthur Holmes)

आर्थर होम्स का विचार भी सर आर्ज एयरी के मत से पर्याप्त मेल खाता है। एयरी की तरह होम्स ने भी स्वीकार किया है कि ऊँचे उठे भागों की रचना हल्के पदार्थ से होती है तथा उन्हें संतुलित रखने के लिये उनका अधिकांश भाग अधिक गहराई तक दूबा रहता

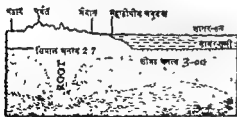


(जोली के आधार पर)

चित्र 118

संतुलन की स्थिति (क्षिति-पूर्ण मण्डल)

है, जिसका घनत्व काफी कम होता है। भूकम्पीय लहरो एवं भूकम्प-विज्ञान के आधार पर होम्स ने पृथ्वी के अन्दर विभिन्न घनत्व वाली विभिन्न परतों का पता लगाया है। इस पर पर्वतीय भागों के नीचे सियाल की जड़ होती है जो 40 किलोमीटर या इससे अधिक गहराई तक रहती है। सागर-तल के निकट मैदान के नीचे सियाल की गहराई 10 या 12 किलोमीटर होती है तथा सामुद्रिक तली के नीचे या तो सियाल होती ही नहीं, अगर होती भी है तो वह अत्यन्त पतली होती है। होम्स ने बताया कि ऊँचे उठे भाग इस लिये स्थिर हैं क्योंकि उनके नीचे काफी गहराई तक कम घनत्व वाला हल्का पदार्थ पाया जाता है। निचले भागों के नीचे अधिक घनत्व वाले पदार्थ होते हैं। होम्स के अनुमान प्रयोग ने यद्यपि भूतल पर संतुलन की स्थिति पूर्ण रूप से नहीं पाई जाती तथापि पूर्ण स्थिति की ओर संतुलन की दशा दृष्टिगत होती है। "In practice, perfect isostasy



(होम्स के आधार पर)

चित्र 119

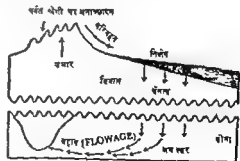
संतुलन की स्थिति (सियाल तथा सीमा का वितरण)।

is rarely attained, though there is generally of remarkable close approach."

1 Holmes, A., 1954—Principles of Physical Geology, Thomas Nelson & Sons Ltd., London. P. 33.

भूतल पर संतुलन की व्यवस्था  
(Isostatic Adjustment)

जैसा कि ऊपर बताया जा चुका है कि भूतल पर संतुलन पूर्ण रूप से नहीं देखा जाता है, क्योंकि भूगर्भिक शक्तियाँ (Geological forces) इसमें अव्यवस्था स्थापित करने में कार्य रत रहती हैं। संतुलन स्थानीय (Local) होता है अथवा प्रादेशिक, इस समस्या पर भी पर्याप्त मतभेद हैं, परन्तु अधिकांश प्रयोगों तथा पर्यवेक्षणों के आधार पर यह सही लगता है कि विस्तृत क्षेत्र में संतुलन की स्थिति अवश्य होती है। स्थानीय क्षेत्र में समस्थिति या संतुलन का होना आवश्यक नहीं है। यह हो भी सकता है, नहीं भी। भूगर्भिक शक्तियों के कारण प्रायः धरातल पर परिवर्तन होते रहते हैं। इन परिवर्तनों के कारण संतुलन की आदर्श स्थिति में अव्यवस्था हो जाती है। जब किसी स्थान पर पर्वत-श्रेणियों का निर्माण होता है तो उस पर शीघ्र ही अपरदन का कार्य प्रारम्भ हो जाता है। इस प्रकार अपरदन के कारण पर्वत की ऊँचाई घटने लगती है। इसके विपरीत क्षयित पदार्थ सागर में जमा होने लगता है जिस कारण वहाँ पर भार बढ़ने लगता है। इस प्रकार पर्वतीय भाग हल्का होने लगता है तथा सागरतली भारी हो जाती है। फलस्वरूप दोनों में संतुलन की स्थिति अव्यवस्थित हो जाती है। परन्तु संतुलन का होना आवश्यक है।



(होम्स के आधार पर)

चित्र 120

भूपटल पर संतुलन की व्यवस्था

उपर्युक्त क्रियाओं के कारण पर्वतीय भाग में क्षयित होने से उतका दबाव कम हो जाता है। फलस्वरूप उसमें उठाव या उभार होने लगता है। इसके विपरीत सागर-

तली (Ocean floor) नीचे धँसकरने लगती है। इस प्रकार दो जगहों पर दबाव के अन्तर के कारण सबस्ट्रेटम (Substratum) में भारी पदार्थों का हल्के पदार्थों की तरफ "मन्द बहाव" (Slow flowage) प्रारम्भ हो जाता है। परिणाम में क्षणिक स्तम्भ ऊपर उठने लगते हैं तथा अधिक भार वाले भाग नीचे धँसने लगते हैं। सबस्ट्रेटम का ऊपरी भाग सियान के ऊपरी भाग के विपरीत गैस-युक्त तथा गर्म होता है। इस कारण पदार्थों का बहाव होता है। परन्तु यह बहाव अत्यन्त मन्दगति से होता है। इस प्रकार पदार्थों की स्थान-पूर्ति होती रहती है तथा पुनः सन्तुलन की व्यवस्था स्थापित हो जाती है। इसे देखा-चित्र 120 की सहायता से अच्छी तरह समझा जा सकता है।

कभी-कभी ऐसा भी होता है कि भूगर्भीय शक्तियाँ इतनी शीघ्रता तथा तेजी से कार्य करती हैं कि सन्तुलन की व्यवस्था अचानक अव्यवस्थित हो जाती है तथा सबस्ट्रेटम के अन्दर पदार्थों के मन्द बहाव के कारण उसकी स्थापना नहीं हो पाती है। उदाहरण के लिये प्लोस्टोसीन युग में हिमानीकरण के कारण युरेशिया तथा उत्तरी अमेरिका का अधिकांश भाग हिमच्छादन के कारण भार की अधिकता से नीचा हो गया था, परन्तु आज से लगभग 25,000 वर्ष पूर्व जब हिम-चादर शीघ्रता से पीछे हटने लगी तो पहले का अत्यधिक भार शीघ्रता से कम

हो गया, जिस कारण स्थल भाग तेजी से ऊपर उठने लगा। इस प्रकार सन्तुलन की अवस्था अव्यवस्थित हो गयी। यह पता चला है कि स्कैन्डीनेविया तथा फिनलैंड का अधिकांश भाग 900 फीट ऊँचा उठ गया है तथा प्रति 28 वर्ष बाद एक फुट स्थल भाग ऊँचा उठ जाता है। वर्तमान समय तक भी इन स्थानों में सन्तुलन की व्यवस्था स्थापित नहीं हो सकी है तथा यहाँ पर पूर्ण सन्तुलन की व्यवस्था के लिए यह आवश्यक है कि यह भाग भविष्य में 700 फीट ऊँचा उठे।

सन्तुलन की व्यवस्था का तात्पर्य समस्थिति की अवस्था से होता है। यह किमी तरह की भूगर्भीय शक्ति नहीं है बल्कि यह एक प्रकार की दशा है जब अपरदन तथा निक्षेप, आग्नेय क्रिया या भू-हलचल के कारण इस सन्तुलन की दशा में अव्यवस्था होती है तो गुरुत्वाकर्षण की शक्तियाँ कार्यरत होकर सन्तुलन स्थापित करने का प्रयास करती हैं। विस्तृतक्षेत्र में सन्तुलन की स्थिति पायी जाती है, परन्तु कभी-कभी भूकम्प या उद्दालामुखी आदि के कारण क्षेत्रों में हलचल के कारण सन्तुलन की स्थिति में असंगति (Anomalies) पाई जाती है पर इस तरह की असंगति सीमित क्षेत्र में स्थानीय रूप में ही होती है। मोटे तौर पर भूतल पर लगभग सन्तुलन पाया जाता है। इसी कारण सन्तुलन के सिद्धान्त को अब एक 'तथ्य' (Fact) या 'नियम' (Doctrine) माना जाता है।

# भूपटल को प्रभावित करने वाले बल

(Forces Affecting the Earth's Crust)

## सामान्य परिचय

यदि हम भूतल का विहंगावलोकन करें तो हमें लगेगा कि उच्चावच और स्थलरूप स्थिर तथा अपरिवर्तनीय हैं परन्तु यदि सूक्ष्म दृष्टि से देखा जाय तो यह स्पष्ट हो जाता है कि भूतल के उच्चावच एवं स्थलरूप निरन्तर ही परिवर्तनशील हैं। वास्तव में "परिवर्तन प्रकृति का नियम है।" यदि सभी प्रकार के स्थलरूपों के जीवन इतिहास का अध्ययन किया जाये तो यह स्पष्ट हो जाता है कि ये अपने वर्तमान स्थान पर सम्पूर्ण भूगर्भिक इतिहास के समय नहीं रहे हैं। उतना ही नहीं, इनका रूप सर्वदा एक सा नहीं रहा है।

पृथ्वी के भूगर्भिक इतिहास के अध्ययन से पृथ्वी के आन्तर तथा बाह्य महान परिवर्तनों के उदाहरण मिलते हैं। जहाँ पर आज गगनचुम्बी पर्वत हैं वहाँ पर पहले सागरी का सा आगम था। उदाहरण के लिये आज से लगभग 20 करोड़ वर्ष पहले हिमालय के स्थान पर 'टैथीज सागर' दिसोरों बरता था। धीरे-धीरे टैथीज भूस्तर के भरने और क्षतिज तथा लम्बवत् भूस्थलन (Horizontal and vertical earth movement) के कारण उसके स्थान पर गगनचुम्बी हिमालय पर्वत का निर्माण हुआ। उत्तरी मैदान की प्रवाह-प्रणाली में महान परिवर्तन हिमालय के बाद का परिवर्तन केवल प्राचीन भूगर्भिक इतिहास में ही नहीं घटित हुये हैं वरन् हाल में भी घटित हुए हैं। समुद्र राज्य के "कैलिफोर्निया" में "बेकसं तेल क्षेत्र" में तेल निकालने की धारणा में हो रहे प्रतिवर्ष 2.5 सैण्टीमीटर की दर से मुड़ाव के वर्तमान समय में होने वाले परिवर्तन को प्रमाणित कर दिया है। भूकम्प तथा ज्वालामुखी प्रतिदिन भूतल के किसी न किसी स्थान पर अपने कारनामे दिखाकर पृथ्वी के परिवर्तन-शील स्वभाव को प्रमाणित करते हैं। इतना ही नहीं 1967 के "कोयना भूकम्प" (11 दिसम्बर) ने प्राय-द्वीपीय भारत के स्थिर ब्लाक को असिद्ध बनाकर यह प्रमाणित कर दिया है कि भूतल का कोई भाग शाश्वत एवं स्थिर नहीं है।

भूतल तथा सागरतल दोनों परिवर्तनशील हैं।

भूतल के अवतलन (Subsidence) तथा उत्थान (Upliftment) एवं सागरतल के अनुपात में स्थलखण्ड के निमज्जन (Submergence) तथा निर्गमन (Emergence) के अनेक उदाहरण मिले हैं। यदि भारतीय तटों का अध्ययन किया जाय तो अवतलन एवं निर्गमन के कई उदाहरण मिलते हैं। सन् 1878 ई० में बम्बई द्वीप के पूर्वी भाग में प्रिंसेज डाक की खुदाई के समय सागरतल के लगभग 6 मीटर नीचे जलमग्न पेड़ों के अवशेष मिले हैं। इसी तरह 1910 ई० में प्रिंसेज डाक - दक्षिण में जब खुदाई आरम्भ हुई तो सीली मिट्टी में गड़े हुए 2 से 2.3 मीटर लम्बे चार पेड़ों के ठूठ भाग मिले। इसमें यह अनुमान लगाया जाता है कि पहले जल का आविर्भाव तट के पास हुआ होगा। परन्तु बाद में अवतलन के कारण जंगल जल में डूबा गया होगा तथा इसने ऊपर तलछट का निक्षेप हो गया होगा। इसी तरह के अवतलन के उदाहरण पूर्वी तट पर तिल्लेवली तथा चाडिबेरी के निकट तट से कुछ दूरी पर मिलते हैं। महाद्वीपों के अन्तर्गत सागरीय निक्षेप तथा तटों के बिगड़ इस बात को प्रमाणित करते हैं कि सागरी की स्थिति परिवर्तनशील रही है तथा समय-समय से इनका स्थल के ऊपर अतिक्रमण (Transgression) और निवर्तन (Regression) होता रहता है। इटली में सागर-तट से बहुत दूर आन्तरिक भाग में स्थित नेपल्स नगर के पश्चिम में स्थित तिरापिस के मन्दिर के वर्तमान तीन छडे स्तम्भों पर 6 मीटर की ऊँचाई पर लगे सागरीय जिह्व एवं सागरीय जीवों के अवशेष निश्चय ही सागर के अतिक्रमण-काल (Transgressional phase) को प्रदर्शित ही नहीं प्रमाणित भी करते हैं। भारत में गडवाल तथा कुमायूँ के घूने के पत्थर तथा राजस्थान की खारी शोलें तथा कच्छ के रेत में निरन्तर विकास आदि तथ्य इस बात के परिचायक हैं कि कभी सागर का विकास गडवाल तथा कुमायूँ तक था, राजस्थान आदि जलमग्न थे। बाद में सागर का निवर्तन (Regression) होने से इन स्थलखण्डों का आविर्भाव हुआ।

भूतल पर परिवर्तन कभी-कभी मन्द गति से होता है। जिसका आभास मानव को उस समय नहीं हो पाता है क्योंकि मानव-जीवन छोटा होता है (अधिकतम रूप से हम 100 वर्ष मान सकते हैं) जबकि ये परिवर्तन हजारों वर्षों में सम्पन्न होते हैं। इस तरह के परिवर्तन को हम दीर्घकालिक परिवर्तन या घटनाएँ कह सकते हैं। इसके विपरीत कभी-कभी कुछ ही क्षणों में भूतल पर भयंकर परिवर्तन होते हैं जिनका अवलोकन मानव भयभीत नेत्रों से करता है। इस तरह के परिवर्तन अचानक तथा तीव्र होते हैं। प्रायद्वीपीय भारत के "कोयना नगर" के सोये हुए निरीह निवासियों को क्या पता था कि भूकम्प के विस्फोट का पर्यवेक्षण उन्हें ही करना होगा। इस तरह की घटना को अल्पकालिक घटना या परिवर्तन कहा जा सकता है। मानव दृष्टि से ये घटनाएँ मने ही हानिकर हो परन्तु स्थलरूपों की रचना के लिये इनका अधिक महत्त्व है। भूतल पर ऊपर भी कई ऐसे कारक होते हैं जिनके द्वारा स्थलरूपों का विकास तथा विनाश दोनों होता है। उदाहरण के लिए समतल स्थापक शक्तियाँ (नदी, हिमानी, सागरांचल, पर्वत आदि) पृथ्वी की आन्तरिक शक्तियों द्वारा उत्पन्न स्थलीय विषमताओं को दूर करने में सतत प्रयत्नशील रहती हैं। इस बीच वे तरह-तरह के स्थलरूपों का सृजन करती रहती हैं। भूतल पर परिवर्तन लाने वाले बलों (Forces) का आविर्भाव दो रूपों में होता है। एक तो पृथ्वी के आन्तरिक भाग में उत्पन्न बल होते हैं तथा दूसरे पृथ्वी के सतह पर वायुमण्डल में उत्पन्न बल होते हैं। इन दोनों बलों द्वारा भूतल पर स्थलरूपों का विकास या विनाश होता रहता है। पृथ्वी के अन्दर से उत्पन्न होने वाले बल से पृथ्वी में दो तरह की गतियाँ संचलन—(Movements) उत्पन्न होती हैं—1. क्षैतिज संचलन (Horizontal Movement) तथा 2. सम्भवतः संचलन (Vertical Movement)। इन गतियों द्वारा भूतल पर अनेक प्रकार के परिवर्तन (संचलन, पंजन, ज्वालामुखी-क्रिया भूकम्प आदि) हुआ करते हैं।

परिवर्तनकारी बलों का वर्गीकरण—उपर्युक्त विवरण के आधार पर भूतल पर परिवर्तन लाने वाले अर्थात् स्थलरूपों के निर्माण तथा उनमें परिवर्तन पैदा करने वाले बलों को मुख्य रूप से दो वर्गों में विभाजित किया जा सकता है :—

(1) अन्तर्जात बल (Endogenetic Forces)—पृथ्वी के आन्तरिक भाग से उठने वाले बलों को अन्त-

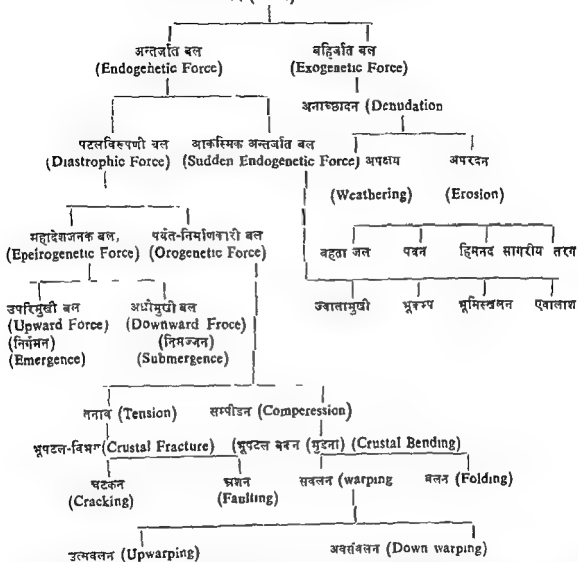
र्जात बल कहते हैं। इन बलों द्वारा भूतल पर विपरीत का भूवपात होता है तथा तरह-तरह के स्थलरूपों का विकास होता है। उदाहरण के लिए पर्वत, पठार आदि का निर्माण इन्हीं बलों द्वारा होता है। भूकम्प तथा ज्वालामुखी की क्रियाएँ भी अन्तर्जात बल की ही परिचायिका हैं। अन्तर्जात बल मन्द गति तथा तीव्र गति, दोनों ही रूपों में सम्पन्न होते हैं। चूंकि इनका उद्भव-स्थल, पृथ्वी का आन्तरिक भाग होता है, जिनके विषय में हमें बहुत कम जानकारी प्राप्त है, अतः इनके उत्पन्न होने के वास्तविक रूप का निश्चय नहीं हो पाता है। इन अन्तर्जात बलों का आविर्भाव पृथ्वी का शीतल होकर संकुचन, उसकी परिभ्रमण-गति में हास, रैडियो-सक्रिय पदार्थों, संवाहनीय तरंगों आदि के कारण हो सकता है। पृथ्वी के अन्तर्जात बलों द्वारा भूतल में दो तरह की गतियाँ उत्पन्न होती हैं। प्रथम सम्भवतः गति जिसमें तनाव तथा खिंचाव आदि के कारण भूपटल में भंग आदि पड़ती है। इससे अक्षतलन या उत्थान भी होता है। द्वितीय गति क्षैतिज होती है, जिससे भूपटल में बलन (Folds) पड़ने से बलित पर्वतों का आविर्भाव होता है।

(2) बहिर्जात बल (Exogenetic Forces)—बहिर्जात बल पृथ्वी के ऊपरी भाग पर वायुमण्डल से उत्पन्न होकर भूतल पर परिवर्तन करते हैं। बहिर्जात बल प्रायः समतल स्थापक होते हैं। अर्थात् बहिर्जात बलों द्वारा उत्पन्न विपरीतताओं को दूर करने का प्रयास करते हैं। बहिर्जात बलों को स्वाकृतिक प्रक्रम (Geomorphic process) भी कहा जाता है।

### 1. अन्तर्जात बल (Endogenetic Forces)

अन्तर्जात बल किस तरह उत्पन्न होते हैं तथा इनके उत्पन्न होने के प्रमुख कारण क्या हैं? आदि प्रश्नों का उत्तर देना सरल कार्य नहीं है। इसका प्रमुख कारण भूगर्भ के विषय में हमारी सीमित जानकारी का होना ही बताया जा सकता है। वर्तमान समय तक प्रायः यही कहा जाता है कि अज्ञात कारणों से उत्पन्न भू-हलचल के कारण भूपटल के ऊपर तथा नीचे भूगर्भिक परिवर्तन हुआ करते हैं। अन्तर्जात बलों की उत्पत्ति के सम्भावित कारणों में शैलों का सिकुड़ना तथा फैलना ही सत्य के अधिक करीब लगता है, जो कई बातों पर आधारित है। तापीय अन्तर की अन्तर्जात बलों की उत्पत्ति के लिए

स्थलरूपों को प्रभावित करने वाले बलों का कक्षा-विभाजन  
बल (Force)



अधिक महत्वपूर्ण बताया जा सकता है। वाधीय अन्तर के कारण ही चट्टानों में सकुचन अथवा फैलाव होता है, जिस कारण उनमें स्थानान्तरण होता है। यह स्थानान्तरण या समायोजन (Adjustment) कभी-कभी इतनी तीव्र गति से होता है कि पृथ्वी के अन्तर्गत संचलन (Movement) होने लगता है। इस सम्बन्ध में सकुचन महादीपीय प्रवाह, महादीपीय अवतलन, सम्बाहनीय उपर, रेडियो एक्टिवता आदि सिद्धान्तों का प्रतिपादन किया गया है। इनका इस पुस्तक में अलग-अलग अलग विषय विवरण दिया गया है। अन्तर्जात बल सदैव समान गति में कार्य नहीं करते हैं। कभी इनका कार्य तीव्र वेग

से होता है तो कभी धीरे-धीरे एक लम्बे समय तक होता है। इस प्रकार तीव्रता के आधार पर अन्तर्जात बलों से उत्पन्न संचलन को दो वर्गों में विभाजित किया जाता है—आकस्मिक संचलन तथा (2) पटल विरूपणी संचलन।

1. आकस्मिक संचलन (Sudden Movements)—आकस्मिक अन्तर्जात बलों द्वारा उत्पन्न संचलन को इस श्रेणी में रखा जाता है। इसमें उत्पन्न घटनायें आकस्मिक होती हैं तथा अचानक ही इनके द्वारा भूपटल में ऊपर तथा नीचे विपरीतकारी परिवर्तन हो जाते हैं। आकस्मिक संचलन के प्रमुख कारण भूकम्प तथा ज्वालामुखी

क्रिया है। यद्यपि इनकी उत्पत्ति घरातल पर या उसके नीचे अकस्मात् ही होती है परन्तु इनकी उत्पत्ति के लिए आवश्यक बल तथा अन्तर्जित क्रियाएँ पहले से ही भूपटल के नीचे होती रहती हैं। ज्वालामुखी-विस्फोट द्वारा अचानक क्रान्तिकारी परिवर्तन हो जाते हैं। लावा का भू-पटल के नीचे मिल, डाइक, बेंचोलिय, नैकोलिय, फेकोलिय, लोपोलिय आदि के रूप में प्रवेश होता है तथा विभिन्न आभ्यान्तरिक स्वरूपों का विकास होता है। घरातल के ऊपर भी लावा के प्रवाह के कारण लावा-पठार और सावा-मैदान का निर्माण होता है। लावा तथा ज्वालामुखी-पदार्थों के संचयन से तरह-तरह के ज्वालामुखी शंकुओं का निर्माण होता है। ऊपर उठे हुये शंकुओं में एसिड लावा शंकु, बेसिक लावा शंकु, मिण्डर या राख शंकु, मिश्रित शंकु, परिपोषित शंकु, लावा गुम्बद आदि प्रमुख हैं। नीचे घिस हुए भागों में काब्रेरा शंकु तथा क्रेटर अधिक महत्वपूर्ण हैं। भूकम्प भी आकस्मिक घटना का महत्वपूर्ण कारक है जिसके द्वारा कुछ स्थानों के अन्दर ही भूपटल पर झील या सागर का निर्माण हो जाता है, गहर ध्वस्त हो जाते हैं, नदियों के मार्ग में अवरोध हो जाने से बाढ़ें आ जाती हैं तथा शीलें बल जाती हैं, भूमिस्खलन तथा एवालाश (Landslide and Avalanch) अधिक सक्रिय हो जाते हैं। भूपटल में छोटी-बड़ी चूष (Faults) तथा दरारें (Fractures) पड़ जाती हैं।

2 पटल-विरूपणकारी संचलन (Diastrophic Movements)—पटल-विरूपणकारी घटना के अन्तर्गत भूपटल की उन सभी संचलनों को सम्मिलित किया जाता है जिनका आविर्भाव अन्तर्जित बलों द्वारा होता है। पटल-विरूपणकारी संचलन के अन्तर्गत लम्बवत् और क्षैतिज दोनों प्रकार की गतियों को सम्मिलित किया जाता है तथा ये ही गतियाँ भूपटल पर विभिन्न प्रकार के बृहद् स्वरूपों का मृजन करती हैं। पटल विरूपणी बल मन्द गति से कार्य करते हैं तथा इनका प्रभाव हजारों वर्ष बाद परिलक्षित होता है। क्षैतीय विस्तार की दृष्टि से पटल-विरूपणी संचलन को दो वर्गों में विभाजित किया जाता है—1. महाद्वीपीय या महादेशीय संचलन तथा 2. पर्वत-निर्माणकारी संचलन।

(1) महादेशीय संचलन (Epeirogenetic Movement)—महादेशीय संचलन का आविर्भाव मुख्य रूप से पृथ्वी के अन्तर्जित महादेशजनक बलों में होता है। "Epeirogenetic" शब्द ग्रीक भाषा के "एपीरोज"

(Epeiros) जिसका शाब्दिक अर्थ 'महाद्वीप' होता है तथा 'जेनेसिस' (Genesis), जिसका शब्दार्थ उत्पत्ति होता है, दो शब्दों से मिलकर बना है। शब्द के वास्तविक अर्थ से ही प्रकट हो जाता है कि इस मंचलन का सम्बन्ध महाद्वीपों से है। इस संचलन द्वारा महाद्वीपों में उत्थान (Upliftment) तथा अवतलन (Subsidence) और निर्गमन (Emergence) तथा निमज्जन (Submergence) की क्रियाएँ होती रहती हैं। ये दोनों क्रियाएँ सम्भवतः संचलन की परिचायिका हैं। इसी कारण से इस सम्भवतः संचलन को उत्पन्न करने वाले बल की विज्यायी बल (Radial force) भी कहा जाता है, क्योंकि यह पृथ्वी की विज्या की दिशा में ही कार्य करता है। संचलन की दिशा के ही आधार पर महादेशीय संचलन को दो वर्गों में विभाजित किया जाता है—(1) उपरि-मुखी संचलन तथा (2) अधोमुखी संचलन।

(A) उपरिमुखी संचलन (Upward Movement)—स्थलभाग को ऊपर उठाने वाले बल के कारण महाद्वीपीय भागों में दो तरह के उत्थान होते हैं। प्रथम वर्ग में महाद्वीपीय भाग या महाद्वीप का कोई भाग अपनी समीपी सतह से ऊँचा उठ जाता है। इस क्रिया को उत्थान या उभार (Upliftment) कहा जाता है। दूसरे वर्ग में महाद्वीप का तटीय भाग सागरतल से, जो कि पहले जलमग्न था, ऊपर उठ जाता है। इस क्रिया को निर्गमन (Emergence) कहा जाता है। प्रत्येक महाद्वीप में उत्थान तथा निर्गमन के उदाहरण मिलते हैं। भारत का पना कन डेल्टा कई बार दोनों क्रियाओं का शिकार हो चुका है। उत्थान या निर्गमन के ऐसे लक्षण होते हैं जो उनको प्रमाणित करते हैं—

(i) जब सागरीय तट कुछ समय के लिये स्थायी होता है तो सागरीय लहरें उस पर बिसफ तथा सागरीय गुफाओं का निर्माण करती हैं। जब सागर-तल से ये चिह्न ऊपर मिलते हैं तो यह समझना चाहिये कि वहाँ पर तटीय भाग में उत्थान अवश्य हुआ है। (ii) इसी तरह सागरीय तटों पर पुत्तन (Beaches) का निर्माण होता है। जब ये वर्तमान सागर-तल से ऊपर मिलती हैं तो ये उत्थित पुत्तन (Raised beaches) उस तटीय भाग के उत्थान को प्रमाणित करती हैं। (iii) सागरीय लहरों द्वारा तटीय भागों पर वेदिकाओं (Wave-cut terraces) का निर्माण होता है। जब ये वेदिकाएँ सागर-तल से ऊपर होती हैं तो उस तटीय भाग में उत्थान का आभास होता है। (iv) प्रवालभित्तियों (Coral reefs)

मे लगी सागरीय खरोचें भी उम्र भाग के सागर मे निर्गमन को प्रमाणित करती हैं। भारत के पूर्वोत्तरी भाग मे तलछटीय जमाव तटीय भाग के उत्थान तथा अवतलन को प्रमाणित करता है। 16 जून सन् 1819 ई० को कुछ का अधिकांश भाग भूकम्प के कारण जलमग्न हो गया था परन्तु उसी समय स्थल मे उत्थान के कारण 24 किलोमीटर लम्बे स्थल-खण्ड का कई मीटर की ऊँचाई मे उभार हो गया, जिस कारण कितने लोग मौत से बच सके। यह अल्लाह का बंधु (God's Bund or Allah Bund) स्थल-खण्ड के उत्थान का नवीनतम उदाहरण है। काठियावाड़ मे पोरबंदर के निकट तथा कलकता नगर के पास सागर-तल से अधिक ऊँचाई पर मिलने वाले आयस्टर कोय (Oister Shells) उपर्युक्त तटों के उत्थान की भली-भाँति प्रमाणित करते हैं। बांग्ला देश मे झाका के पास मधोपुर बन्द का हाल ही मे 35 मीटर ऊँचा उठ जाना उत्थान का ही धोतक है।

भारत के अलावा अन्य देशों मे भी उपरिमुखी संचलन के कारण उत्थान के कई प्रमाण मिलते हैं। संयुक्त राज्य अमेरिका का अटलांटिक तटीय भाग सागरीय तलछट के आवरण से आच्छादित है। इससे प्रमाणित होता है कि पहले यह तट सागरीय जल द्वारा जलमग्न रहा होगा। परन्तु बड़े पैमाने पर क्षेत्रीय या प्रादेशिक उत्थान के कारण यह भाग सागर-तल से ऊपर उठ गया होगा तथा वर्तमान समय मे यह सागर-तल से पर्याप्त ऊँचाई पर है। सागरीय भाग मे स्थल-खण्ड के निर्गमन के भी कई उदाहरण मिलते हैं। निर्गमन के कारण महा-द्वीपीय चबूतरे (Continental shelves) ऊपर उठ आते हैं। ग्रेट ब्रिटेन मे ऐसे चबूतरे 34.5 मीटर की ऊँचाई तक मिलते हैं। नार्वे तथा स्वीडन के तटीय भागों मे निर्गमन द्वारा महाद्वीपीय चबूतरो के उत्थान के अनेक प्रमाण मिले हैं। यहाँ पर ग्लेशियोलोन हिमयुग के समय स्थल-खण्ड का कुछ अवतलन हो गया था परन्तु बाद मे हिमानी के पिघल जाने के कारण सतलन की प्रीति के लिये स्थल-खण्डों का ऊपर उठना प्रारम्भ हो गया तथा वर्तमान समय मे भी यह क्रिया सक्रिय है। उदाहरण के लिए बाल्टिक सागर का तट प्रत्येक 100 वर्षों मे 1.3 मीटर की दर से ऊपर उठ रहा है। इस उत्थान के कारण नार्वे मे महाद्वीपीय चबूतरे 183 मीटर की ऊँचाई पर मिलते हैं।

(B) अधोमुखी संचलन (Downward Movement)

—स्थल भाग को नीचे धँसाने वाले बल के कारण महा-द्वीपीय भागों मे दो तरह के घंसाव होते हैं—प्रथम रूप मे स्थल का भाग स्थानीय या प्रादेशिक रूप मे अपनी समीचीन सतह से नीचे धँस जाता है। इस क्रिया को अवतलन (Subsidence) कहते हैं। दूसरे रूप मे स्थल-खण्ड सागर-तल से नीचे जाने के कारण जलमग्न हो जाता है। इस क्रिया को निमज्जन (Submergence) कहते हैं। अवतलन की क्रिया तटीय भाग तथा महाद्वीप के बीच कहीं भी हो सकती है। परन्तु निमज्जन की क्रिया तटीय भागों या सागरीय भागों मे ही होती है। स्थलभाग के अवतलन तथा निमज्जन को प्रमाणित करने के लिए कई लक्षण होते हैं। उदाहरण के लिए सागर-तल से नीचे कोयले का पाया जाना, जलमग्न बनों की स्थिति, डूबी हुई पाटियाँ, प्रवाल-रोधिका (Barrier-reef) तथा प्रवाल द्वीप (Atoll) आदि स्थल-खण्ड के अवतलन या सागर-तली के नीचे धँसने के ही प्रमाण हैं। शार्विन के अनुसार प्रवाल द्वीप तथा प्रवाल-रोधिका का निर्माण सागर की डूबती या धँसती हुई तली मे होता है। अतः जहाँ पर ये पायी जाती हैं वहाँ पर स्थल-खण्ड के निमज्जन का आभास होता है। यथा के डेल्टाई भाग मे कोयले की परतें सागर-तल से अधिक गहराई पर मिलती हैं। इससे प्रमाणित होता है कि स्थल-भाग पहले सागर-तल से ऊपर रहा होगा, जिस पर बनाच्छादन रहा होगा। परन्तु बाद मे अवतलन के कारण स्थल-खण्ड ने साथ ही धन भी नीचे चले गये होंगे तथा उनका बोझ ने मे परिवर्तन हो गया होगा। बम्बई, पाटिचेरी एवं तिन्नेवली के तटों के पास जल मे धँसे बनों के भाग तटीय भाग के अवतलन को ही इंगित करते हैं। बम्बई के पास प्रिंस डेव की मुदाई से 5 से 10 मीटर की गहराई तक जलमग्न बनों के उदाहरण मिले हैं। इससे प्रमाणित होता है कि बम्बई के तट का अवतलन हुआ है। मेक्सिको की घाटी के उत्तरी तट मे अवतलन के प्रमाण मिले हैं तथा पिछले कई सौ वर्षों मे इसका तल कई मीटर नीचे धँस गया है। ब्रिटिश कोलम्बिया-तट से दूर स्थित द्वीप पहले महा-द्वीपीय भाग से मलग्न थे। परन्तु बाद मे बीच मे स्थल-खण्ड के अवतलन के कारण ये द्वीप महाद्वीप से अलग हो गये हैं। ब्रिटेन तथा नार्वे के बीच मुदाइयों से वृक्षों के अवशेष मिले हैं। इससे प्रमाणित होता है कि नार्वे और ब्रिटेन के बीच पहले स्थल-भाग रहा होगा जिस पर बनाच्छादन रहा होगा। बाद मे स्थल-खण्ड का अवतलन हो गया होगा।



## (2) पर्वतीय संवलन (Orogenetic Movement)

—अन्तर्जात बल द्वारा उत्पन्न पर्वतीय संवलन या पर्वत निर्माणकारी संचलन स्थलरूप की दृष्टि से अत्यधिक महत्वपूर्ण है; क्योंकि इस संचलन द्वारा भूपटल पर सर्वाधिक महत्वपूर्ण उच्चावच का आविर्भाव होता है। 'ओरोजेनेटिक' शब्द ग्रीक भाषा के 'ओरोज' (Oros) जिसका अर्थ 'पर्वत' है और 'जेनेसिस' (Genesis), जिसका अर्थ उत्पत्ति होता है, दो शब्दों में मिलाकर बना है। इसे और सक्षिप्त रूप में 'पर्वतन' कह सकते हैं। पर्वतीय संचलन में अन्तर्जात बल क्षैतिज रूप में कार्य करता है। अतः इस बल को स्पर्श रेखीय बल (Tangential force) भी कहते हैं। क्षैतिज संचलन दो तरह से कार्य करता है। प्रथम रूप में जब बल दो विपरीत दिशाओं में क्षैतिज रूप में कार्य करता है तो उससे 'तनाव (Tension) की स्थिति उत्पन्न हो जाती है। इसे 'तनाव मूलक बल' (Tensional force) कहते हैं। तनाव द्वारा भूपटल में चट्टानों के स्तरों में स्थानांतरण के कारण फ्रॉज (Fault), दरार, (Fracture) तथा चटकने (Cracks) पड़ जाती हैं। द्वितीय रूप में बल या तो एक ही दिशा में कार्य करते हैं या दो दिशाओं में आमने-सामने कार्य करते हैं। इस स्थिति के कारण सम्पीडन (Compression) होने लगता है। इसे 'सम्पीडनात्मक संचलन' (Compressional movement) कहते हैं। सम्पीडन के कारण भूपृष्ठीय चट्टानों में मुड़लन (Warp) तथा डबल (Folds) पड़ जाते हैं जिससे गुम्बद और पर्वतों का निर्माण होता है। इसी कारण से क्षैतिज संचलन को 'पर्वतन संवलन' कहते हैं। यहाँ पर सम्पीडनात्मक और तनावमूलक संचलनों द्वारा उत्पन्न संरचनाओं का संक्षिप्त उल्लेख किया जायेगा।

### भूपटलीय बंकन या मुड़ाव (Crustal Bending)

भूपटल में बलन या बंकन का आविर्भाव उस समय होता है, जबकि अन्तर्जात बलों द्वारा उत्पन्न संचलन आमने-सामने क्षैतिज रूप में कार्य करते हैं। क्षैतिज अक्षमण में पड़ी चट्टानों की परतों में बलन तथा बंकन का प्रभाव अधिक होता है। क्षैतिज संचलन के कारण चट्टानों में दतना बलन और बंकन हो जाता है कि उनकी संरचना में ही परिवर्तन आ जाता है। भूपटल पर इस तरह की संरचना का अपक्षय तथा अपरदन द्वारा नोप हो सकता है, परन्तु भूपटल के नीचे इनकी स्थिति सुरक्षित

रहती है। भूपटल मुड़ाव या बंकन (Crustal bending) को क्षेत्रीय दृष्टि से दो वर्गों में विभाजित किया जा सकता है—(1) मवलन (Warps) और (2) बलन (Folds)।

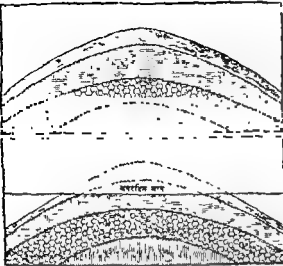
### अ—संवलन (Warps)

संचलन का प्रभाव दूर तक विस्तृत क्षेत्रों में होता है। वास्तव में संवलन स्थल का एक प्रकार का उभार ही है परन्तु इसे उत्थान में अलग ही समझना चाहिए। उत्थान के अन्तर्गत स्थल-खण्ड, अन्तर्जात बल द्वारा लम्बवत संचलन (Vertical Movement) के कारण ऊपर उठ जाता है परन्तु संचलन में क्षैतिज संचलन द्वारा स्थल-खण्ड, चट्टानी परतों में मुड़ाव होने से ऊपर उठ जाता है। इस तरह उत्थान और संवलन में उत्पत्ति और रचना दोनों दृष्टियों से विभेद होता है। संचलन में स्थल-खण्ड का उभार गुम्बदगुना होता है। अतः स्पष्ट है कि संवलन द्वारा गुम्बदों (Domes) का निर्माण हो जाता है। संचलन को पुनः दो वर्गों में रखा जा सकता है—

(1) उत्तंसंचलन (Upwarps) और (2) अतंसंचलन (Downwarps)।

(i) उत्तंसंचलन (Upwarps)—क्षैतिज संचलन के आमने-सामने सक्रिय होने पर भूपटल में मुड़ाव हो जाता है तथा बीच का भाग अधिक मुड़ाव के कारण गुम्बद के आकार में ऊपर उभर आता है। गुम्बद का पात्रवर्ती ढाल अत्यन्त मन्द होता है तथा इसकी ऊँचाई भी कम होती है। साधारणतया संचलन द्वारा उत्पन्न गुम्बदों का व्यास 40 से 160 कि० मी० तक होता है परन्तु चट्टानों का नयन (नति-Dip)  $1^\circ$  या  $2^\circ$  से अधिक नहीं हो पाता है। संचलन की क्रिया वास्तव में सकुचन की क्रिया को प्रदर्शित करती है क्योंकि मुड़ाव के कारण भूपटलीय चट्टानों में सकुचन ही हो जाता है जिससे उनके क्षेत्रीय विस्तार में कमी आ जाती है।

(ii) अतंसंचलन (Downwarps)—जब क्षैतिज संचलन के आमने-सामने कार्य करने पर चट्टानों के स्तर ऊपर की ओर न मुड़कर नीचे की ओर मुड़ जाते हैं तो उस क्रिया को अतंसंचलन कहते हैं। अतंसंचलन द्वारा बेसिन (Basin) का निर्माण होता है। यह बेसिन अवतल ढाल वाली होती है जो कि उत्तल ढाल वाले गुम्बदों से सर्वथा विपरीत होती है। इस बेसिन को पुनः स्थलखण्ड के अवतलित भाग से अलग समझना होगा। स्थल-खण्ड का अवतलन पृथ्वी के अन्तर्जात बल द्वारा लम्बवत संचलन



चित्र 121

उत्तंसवन (Upwarping) द्वारा गुम्बद का बनना (ऊपर) बाद में अपरदन (नीचे वाला चित्र) द्वारा रूप परिवर्तन।

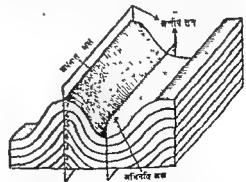
द्वारा होता है परन्तु बेसिन का निर्माण धीमे संचलन द्वारा स्थलखण्ड की चट्टानों में नीचे की ओर झुकाव होने से होता है। संचलन को उसकी तीव्रता की दृष्टि से दो वर्गों में विभाजित किया जा सकता है। जब संचलन कम सांद्रता होता है और चट्टानों का बंकन सीमित रूप में होता है तो उसे साधारण संचलन कहते हैं परन्तु जब संचलन बड़े पैमाने पर विस्तृत-क्षेत्र पर होता है तो बृहद संचलन (Broad warps) कहते हैं। विन्ध्ययुग में उ० प० से (अरावली) १० व० तथा द० पू० (नर्मदा-सोन अक्ष) से उ० प० दिशा में क्षैतिज संचलन के कारण मध्य में बेसिन का निर्माण हो गया जो आगे चल कर जलोच अवसादों में भंग गई और ऊपरी विन्ध्ययुग क्रम के बालुका प्रसरण तथा गैल का निर्माण हुआ। दक्षिण में चम्पूर क्षेत्रियों एवं उत्तर में रीवा कणार के मध्य रीवा का पठार इसका उदाहरण है।

(iii) बृहद संचलन (Broad warps) — जब क्षैतिज संचलन बड़े पैमाने पर विस्तृत क्षेत्रों में कार्यरत होते हैं तो भूपटलीय चट्टानों में सकुचन में मुड़ाव अधिक होता है। इस कारण सम्पीडन के कारण सैकड़ों किलोमीटर से लेकर हजारों किलोमीटर क्षेत्र में तलछटीय (परतदार) चट्टानें मुड़कर ऊपर या नीचे झुक जाती हैं। इस तरह ऊपर उठा हुआ या नीचे झुका हुआ स्थलखण्ड कुछ किलोमीटर से लेकर सैकड़ों किलोमीटर की लम्बाई में हो सकता है। जब स्थलखण्ड मुड़कर ऊपर उठ जाता है

तो ऊपर उठे हुए तलछटीय भागों को भू-अपनति (Geanticlines) कहते हैं। दक्षिण अंडकोटा का ब्लेक हिल्स पर्वत भू-अपनति का ही एक उदाहरण है। इसके विपरीत संचलन द्वारा चट्टानें जब विस्तृत क्षेत्र में नीचे की ओर झुक जाती हैं तो निर्मित बृहद बेसिन को भू-अभिनति या भूसन्नति कहते हैं।

### ब—बलन (Folds)

पृथ्वी के अन्तर्जात बल द्वारा उत्पन्न क्षैतिज संचलन द्वारा जब भूपटलीय चट्टानों में सम्पीडन (Compression) की स्थिति उत्पन्न हो जाती है तो चट्टानों में लहरनुमा मोड़ पड़ जाते हैं। इस तरह के मोड़ों को बलन कहा जाता है। बलन में कुछ भाग ऊपर उठ जाता है और कुछ भाग नीचे झंस जाता है। ऊपर उठे भाग को अपनति (Anticlines) तथा नीचे घसे भाग को अभिनति (Synclines) कहते हैं। वास्तव में बलन बृहद संचलन का ही लघु रूप होता है प्रत्येक बलन में दोनों ओर के भागों को बलन की भुजाएँ (Limbs of the fold) कहते हैं। बलन की दोनों भुजाओं के बीच में अपनति में उच्चमध्य या अभिनति में निम्नमध्य भागों में गुजरने वाली कल्पित रेखा को बलन का अक्ष (Axis of folds) कहते हैं। अपनति और अभिनति के आधार पर अपनति अक्ष (Axis of anticline) और अभिनति अक्ष (Axis of syncline), दो प्रकार के बलन प्रश्न होते हैं। बलन के मध्य में स्थित कल्पित तल को अक्षीय तल (Axis plane) कहते हैं। इस तरह पुनः अपनति अक्षीय तल (Anticlinal axial



चित्र 122

बलन (Fold) के विभिन्न अंग।

Plane) "अपनति अक्षीय तल" (Synclinal axial plane) को बलन किया जा सकता है।

किसी स्थल की सरचना को समझाने के लिए नति (Dip) तथा नतितम्ब (Strike), दो शब्दों का अर्थ जानना आवश्यक है।



चित्र 123

वलन के दो मुख्य अंग—अपनति एवं अभिनति ।

नति या डिप (Dip)—यतदार या रूपान्तरित चट्टानों के स्तर (Beds) प्रायः क्षैतिज तल के सहारे (Horizontal plane) कुछ अंश का कोण बनाते हुए क्षैतिज रेखा के साथ झुके रहते हैं । इस तरह के झुकाव को स्तर का नति या डिप कहा जाता है । नति से दो बातें स्पष्ट होती हैं । प्रथम तो नति चट्टानों की परत तथा क्षैतिज तल के बीच के ढाल के कोण को प्रदर्शित करती है दूसरे यह स्तर के नीचे की ओर ढाल की दिशा को बताती है । उदाहरण के लिये यदि किसी चट्टान के स्तर का क्षैतिज तल के सहारे 60° के कोण पर झुकाव है तथा ढाल की दिशा दक्षिण है तो उस स्तर के नति को इस तरह प्रदर्शित किया जायेगा—नति 60° दक्षिण ।

नतितम्ब (Strike)—नति के साथ समकोण बनाने वाली रेखा को उस झुके हुए स्तर का नतितम्ब कहते हैं । यह सदैव नति के साथ 90° का कोण बनाता है ।

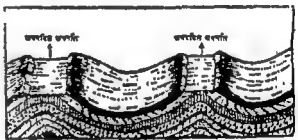
अपनति (Anticlines)—अन्तर्जात बल के कारण क्षैतिज संवलन द्वारा चट्टानों के स्तरों में सिकुटन के कारण उत्पन्न वलन का जो भाग ऊपर उठ जाता है उसे अपनति कहते हैं । साधारण अपनति में दोनों भूजाओं में चट्टानों का स्तरों का झुकाव (अर्थात् नति) विपरीत दिशा में होता है । कभी-कभी वलन इतना अधिक हो जाता है कि अपनति का नति-कोण अत्यधिक हो जाता है तथा ढाल खड़े होते हैं । जब अपनति के दोनों ओर के ढाल बराबर होते हैं तो उसे सममित अपनति (Symmetrical anticline) कहते हैं, परन्तु दोनों ढालों के असमान होने पर असममित अपनति (Asymmetrical anticline) कहते हैं । नति कोण के आधार पर अपनति को दो वर्गों में रख सकते हैं । 1—जब नति कोण बहुत कम (कभी-कभी 1° या 2° का) होता है तो उसे साधारण या मन्द अपनति (Gentle anticline) कहते हैं । 2—इसके विपरीत जब नति कोण अधिक होता है तो उसे तीव्र या खड़ी अपनति (Steep Anticline)



चित्र 124

नति (Dip) और नतितम्ब (Strike) ।

कहते हैं । इस तरह की अपनति का नति 40° से 90° तक हो सकती है । निर्माण के तनाव के कारण अपनति के शीर्ष भाग पर चटकने (Cracks) आ जाती है, जिससे अपनति के शीर्ष भाग पर अपक्षय तथा अपरदन अधिक होने लगता है । उल्कावक-प्रतिलोमन (Inversion of relief) इस कारण अधिक होता है ।



चित्र 125

अपनति का अपरदन ।

अभिनति (Synclines)—क्षैतिज संवलन द्वारा उत्पन्न वलन का जो भाग नीचे मुड़कर घँस जाता है उसे अभिनति कहते हैं । वास्तव में अभिनति नीचे के मुड़े हुए वलन का ही रूप होता है । अभिनति की नति एक दूसरे की ओर झुकी होती है और अभिनति के बीच में मिल जाती है । यदि मुड़ाव अधिक होगा है तो अभिनति का आकार डोगी (Canoe) के सदृश होता है ।

समपनति (Anticlinorium)—बलित पर्वतीय क्षेत्रों में समपनति (सम + अपनति) देखने को मिलती है । जब एक बड़े हुए अपनति के अन्तर्गत कई छोटी-छोटी अपनतियाँ और अभिनतियाँ मिलती हैं तो उस आकृति को समपनति कहा जाता है । इस तरह की संरचना का निर्माण उस समय होता है जब कि क्षैतिज संवलन समान रूप से कार्यान्वित नहीं होता है । फलस्वरूप विभिन्न



चित्र 126

समपन्नति तथा समभिनति (Anticlinorium and Synclinatorium) ।

मानो पर सम्पीडन में भिन्नता के कारण इस तरह की जाड़ति का निर्माण होता है। इस तरह के ढलन को पड़ा ढलन (Fan folds) भी कहते हैं।

**समभिनति (Synclinatorium)**—असमान सम्पीडन के कारण जब एक बृहद् अभिनति के अंतर्गत कई छोटी-छोटी अपनतियाँ तथा अभिनतियाँ बन जाती हैं तो उन अभिनतियों को समभिनति कहते हैं। समपन्नति और समभिनति धारा ढलन का पृष्ठाकार ढलन के अलावा पक्षिकाकार ढलन भी कह जाया है।

**ढलन के प्रकार (Types of Folds)**—ढलन का स्वरूप कई बातों पर आधारित होता है। यदि चट्टान अधिक लचीली तथा कोमल होती है तो ढलन अधिक होता है। परन्तु इसके विपरीत स्थिति होने पर ढलन साधारण होता है। सभी तरह सम्पीडन की विभिन्नता के कारण भी ढलन में पर्याप्त अन्तर होते हैं। सामान्य ढलन की दोनों भुजाओं के झुकाव बराबर होते हैं परन्तु वास्तविकता यह है कि एक ढलन की दो भुजाओं के

साधारण प्रकार के ढलन को सममित ढलन कहते हैं। जैसा कि सममित के अर्थ से ही प्रकट हो जाता है कि इसमें समानता होती है। सममित ढलन की दोनों भुजाओं का झुकाव बराबर होता है। यह खुला हुआ ढलन होता है।

(2) असममित ढलन (Asymmetrical Fold)—

इस तरह के ढलन की दोनों भुजाओं में समानता होती है। एक भुजा साधारण झुकाव वाली होती है, जिसका ढाल क्रमशः होता है, जबकि दूसरी भुजा छोटी होती है और उसका झुकाव अधिक होता है। प्रथम की अपेक्षा उसका ढाल अधिक होता है। इस तरह दोनों भुजाओं के झुकाव तथा सम्बाई में असमानता होती है।

(3) एकदिग्मत ढलन (Monoclinal Folds)—

जब किसी ढलन की एक भुजा का झुकाव साधारण तथा ढाल क्रमशः होता है और दूसरी भुजा का झुकाव समकोण बनाते हुए होता है तथा ढाल एकदम खड़ा होता है तो उसे एकदिग्मत या एकदिग्मत ढलन कहते हैं। इसके निर्माण में सम्भवतः संचलन का हाथ बताया जाता है। अधिक सम्पीडन होने पर इस ढलन की भुजा के टूट जाने की सम्भावना रहती है। इसमें टूटने पर भ्रम का निर्माण हो सकता है। भूतंत्र संचलन द्वारा दो दिशाओं से असमान सम्पीडन के कारण भी एकदिग्मत ढलन का निर्माण हो सकता है।

(4) समन्त ढलन (Isoclinal Folds)—

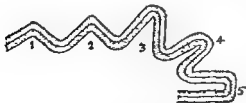
दोनों दिशाओं से भूतंत्र संचलन के कारण समान सम्पीडन के कारण ढलन की दोनों भुजाएँ समान रूप से झुक जाती हैं तथा दोनों एक दूसरे के इतने समीप आ जाती हैं कि दोनों भुजाएँ समानान्तर हो जाती हैं। इस तरह के समानान्तर भुजा वाले ढलन को समन्त ढलन कहते हैं। यह स्मरणीय है कि समन्त ढलन की भुजाएँ परस्पर समानान्तर होती हैं परन्तु भूतंत्र दिशा में नहीं होती हैं।

(5) परिवर्तित (शायन) ढलन (Recumbent Folds)—

जब भूतंत्र संचलन अत्यधिक तीव्र होता है तो अत्यधिक सम्पीडन के कारण इतना अधिक ढलन हो जाता है कि ढलन की दोनों भुजाएँ परस्पर समानान्तर होती हुई भूतंत्र दिशा में हो जाती हैं।

(6) प्रतिवर्तन (Overturned Folds)—

अत्यधिक सम्पीडन के कारण जब ढलन की एक भुजा दूसरे पर उलट जाती है तो उसे प्रतिवर्तन कहते हैं। इस प्रकार के ढलन की भुजाएँ भूतंत्र अवस्था में होती हैं।

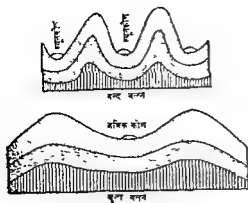


चित्र 127

ढलन के विभिन्न प्रकार—1. सममित ढलन, 2. असममित ढलन 3. एकदिग्मत ढलन, 4. समन्त, ढलन 5. परिवर्तित ढलन।

झुकाव अलग-अलग होते हैं। इस आधार पर ढलन में पर्याप्त विभेद होता है। ढलन को निम्न भागों में विभाजित किया जा सकता है—

(1) सममित ढलन (Symmetrical Folds)—



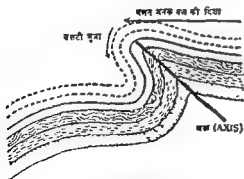
चित्र 128

बन्द वलन (ऊपर) तथा खुला वलन (नीचे)।

(7) अवनमन वलन (Plunging Folds)—जब किसी वलन की अक्ष (Axis) क्षैतिज तल के समानान्तर न होकर उसके माथे कोण बनाती है तो उसे 'अवनमन वलन' कहते हैं।

(8) पखा वलन (Fan Folds)—जब एक बृहद वलन की बृहद अपनति तथा अभिनति में कई छोटी-छोटी अपनतियाँ तथा अभिनतियाँ मिलती हैं तो उस वलन को पखा वलन कहते हैं। उनकी आकृति एक पंखे (Fan) में मिलती है। अतः इन्हें पखा वलन कहते हैं।

(9) खुला वलन (Open Folds)—जब किसी वलन की दो भुजाओं के बीच का कोण  $90^\circ$  में अधिक परन्तु  $180^\circ$  में कम होता है अर्थात् जब दो भुजाओं के



चित्र 129

घोबाखण्ड का निर्माण (प्रतिवलन Overturned fold)।

बीच का कोण अधिक कोण (Obtuse angle) होता है तो उस वलन की खुला वलन कहते हैं। इसका निर्माण सामान्य सम्पीडन के कारण सहजतया वलन पड़ने में होता है।

(10) बन्द वलन (Closed Folds)—जब किसी वलन की दो भुजाओं के बीच का कोण न्यून कोण (Acute Angle) होता है तो उस वलन को बन्द वलन कहते हैं। इसका निर्माण अत्यधिक सम्पीडन के कारण होता है।



चित्र 130

वलन की भुजा टूट कर दूसरे पर सवार हो गई (घोबा खण्ड—Nappe)।

घोबाखण्ड या नापे (Nappe)—घोबाखण्ड या नापे तीव्र क्षैतिज संचलन तथा सम्पीडन का परिचायक होता है। परिवलन मोड़ों (Recumbent folds) में दोनों भुजाएँ समानान्तर तथा क्षैतिज होती हैं। जब सम्पीडन और अधिक होने लगता है, परिवलन मोड़ का एक खण्ड खिसक कर दूसरे खण्ड पर चढ़ जाता है। इस क्रिया को उत्क्रम (Thrust) कहते हैं। जिस तल के सहारे उत्क्रम होता है उसे उत्क्रम तल (Thrust plane) कहते हैं। उत्क्रम के कारण ऊपर उठे हुए भाग को बाह्य उत्क्रम वलन (Overthrust folds) कहते हैं। जब सम्पीडन अधिक तीव्र हो जाता है तो वलन की भुजा (Limb) इतनी अधिक मुड़ जाती है कि वलन के अक्ष पर टूट जाती है तथा निचली परतें ऊपर की ओर जाती हैं। इस तरह वलन की मरचना उल्टी हो जाती है। क्षैतिज संचलन तथा सम्पीडन जारी रहने पर वलन की टूटी हुई भुजा अपने स्थान से कई किलोमीटर दूर जानकर अन्य प्रकार की चट्टान पर चढ़ जाती है। इस तरह की मरचना में माध्य नहीं होता है। जब एक वलन की भुजा उपर्युक्त दशाओं में टूटकर दूसरे स्थान पर चली जाती है तो उसे घोबाखण्ड कहते हैं।



चित्र 131

बलन की एक भुजा का टूट कर दूर स्थित नदीन  
माल-क्षेत्र में पहुँचना ।

ग्रीवाखण्डों के उदाहरण वर्तमान बलित पर्वतों में पाये गये हैं। आल्प्स पर्वत में ग्रीवाखण्डों का क्रमबद्ध रूप में अध्ययन किया गया है तथा यहाँ पर चार प्रमुख ग्रीवाखण्डों का विषय अध्ययन किया जा चुका है। आल्प्स प्रदेश में ग्रीवाखण्डों का पर्यवेक्षण (Observation) स्विट्स आल्प्स में किया गया तथा बाद में अन्यत्र भी इनके उदाहरण पाये गये। आल्प्स प्रदेश में एक ग्रीवाखण्ड के ऊपर दूसरी ग्रीवाखण्ड का आरोपण हो जाने से सरचना अत्यधिक जटिल हो गई है। स्थिति के अनुसार सबसे नीचे हेल्वेटिक ग्रीवाखण्ड (Helvetic Nappe) का विस्तार है। इसके बाद क्रम में पेननाइन ग्रीवाखण्ड (Pennine Nappe), ऑस्ट्राइड ग्रीवाखण्ड (Austrian Nappe) एवं डिनारिड ग्रीवाखण्ड (Dinaride Nappe) मिलते हैं। वास्तव में इन ग्रीवाखण्डों की स्थिति एक धूलहर (Earth wave) के रूप में है। जिस तरह जल में लहरें उठती हैं तथा एक का शिखर (Crest) दूसरे पर चढ़ जाता है तथा अन्तिम लहर अन्य सभी लहरों पर चढ़ जाती है उसी प्रकार आल्प्स क्षेत्र में इन ग्रीवाखण्डों की स्थिति मिलती है। एक ग्रीवाखण्ड का विस्तार दूसरे के ऊपर हो गया है। ऑस्ट्राइड ग्रीवाखण्ड अन्य सभी ग्रीवाखण्डों को आच्छादित किये हुए हैं। इसका प्रमुख कारण दक्षिण की ओर से आने वाला क्रमिक सम्पीडनात्मक संचलन ही बताया है। अनाच्छादन की क्रिया द्वारा अफ्रीका क्षेत्रों में ग्रीवाखण्डों का आवरण रट गया है तथा उसने नीचे की कड़ी चट्टान खास कर हर्मोनियन मैसिक का भाग (जिसके ऊपर ग्रीवाखण्ड का आरोपण हुआ था) ऊपर आ गया है। जब एक ग्रीवाखण्ड के ऊपर दूसरी ग्रीवाखण्ड का आरोपण होता है तथा जब उसी ग्रीवाखण्ड के कुछ भाग के कट जाने से निचले ग्रीवाखण्ड का भाग दिखायी पड़ने लगता है

तो उस बड़े टुकड़ा या खुले हुए भाग को खिड़की (Window) कहा जाता है। पूर्वी आल्प्स में अपरदन की अधिकता से अधिकांश ऊपरी ग्रीवाखण्ड कट गये हैं तथा निचले ग्रीवाखण्ड दृष्टि-गोचर होते हैं। इस तरह पूर्वी आल्प्स में 'पूर्ण खिड़की' (Complete window) के अनेक उदाहरण मिलते हैं।

हिमालय पर्वत में भी कुछ ग्रीवाखण्डों के उदाहरण मिलते हैं। काश्मीर क्षेत्र में डॉ० वाडिया, शिमला क्षेत्र में पिलग्रिम (Pilgrim), गढ़वाल में आदिन महोदय (Auden) तथा गुमायूँ हिमालय में होम तथा गंससर (Heim and Gansser, गहोदयों ने ग्रीवाखण्डों का अध्ययन करके अपने विवरण प्रस्तुत किये हैं। ग्रीवाखण्ड के विषय में कुछ तथ्यों का स्पष्टीकरण आवश्यक है। जब अपनन या बलन का एक भाग टूट कर पास ही में दूसरे भाग पर चढ़ जाता है तो उसे ऑटोचथोन ग्रीवाखण्ड (Autochthon—स्वस्थानिक ग्रीवाखण्ड) कहते हैं। परन्तु इसके विपरीत जब एक बलन की ग्रीवा, बलन के अक्ष के सहारे टूट कर मैकडों किलोमीटर दूर जाकर, दूसरे मोड़ पर मबार हो जाती है तो उस दूर स्थित ग्रीवाखण्ड का सम्बंध उस स्थानीय चट्टान में नहीं होता है जिस पर वह आरोपित होती है। अत्यधिक सम्पीडन के कारण एक ग्रीवाखण्ड दूसरे ग्रीवाखण्ड पर लड़ जाते हैं। ग्रीवाखण्ड की स्थिति के कारण उस क्षेत्र की सरचना में अत्यन्त जटिलता आ जाती है क्योंकि निचली परतों के ऊपर आ जाने से सरचना उल्टी हो जाती है।

## 2. भूपटल विभग (Crustal Fracture)

भूपटल में पृथ्वी के अन्तर्गत धन द्वारा एक तल के सहारे चट्टानों के स्थानान्तरण का भूपटल विभग कहते हैं। भूपटल विभग, अन्तर्गत बल द्वारा उत्पन्न क्षैतिज संचलन (Horizontal movement) के कारण तनाव तथा सम्पीडन (Tension and compression) के कारण होता है। इस प्रकार भूपटल विभग का रूप तनाव तथा सम्पीडनात्मक संचलनों पर आधारित होता है। तनावमूलक संचलन द्वारा विभग की उत्पत्ति अधिक होती है। सम्पीडन द्वारा विभग अभी हो सकता है जबकि चट्टान बँटार हो तथा बलन इतना अधिक हो कि अक्ष के सहारे बलन की दोनों भुजाएँ टूट कर स्थानान्तरित हो जायें। जब तनाव की शक्ति सामान्य होती है तो भूपटल में केवल चट्टानों (Cracks) ही पड़ती हैं परन्तु यदि यह शक्ति कुछ प्रबल होती है तो चट्टानों के स्तरों में स्थानान्तरण होने लगता

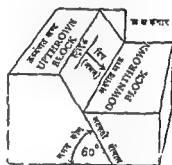
है। इसे विभंग (Fracture) कहते हैं। इनमें चट्टानों का स्थानान्तरण मामान्य ही होता है। यदि तनाव मूलक संचलन अधिक तीव्र है तो विभंग-तल (Fault plane) के सहारे चट्टानों का स्थानान्तरण बड़े पैमाने पर होता है। इसे भ्रंश (Fault) कहा जाता है। दरार या चटकन का प्रभाव भूपटल के केवल ऊपरी भाग में ही होता है तथा नीचे की ओर जाने पर इसका प्रभाव नही होता है। तनाव के कारण सापीय संकुचन के कारण भी चट्टानों में चटकन पड़ जाती है।

भ्रंश (Fault) तनावमूलक संचलन की तीव्रता के कारण जब भूपटल में एक तल (Plane) के सहारे चट्टानों का स्थानान्तरण हो जाता है तो उत्पन्न सरचना को भ्रंश कहते हैं। जिस तल के सहारे भूपटल की चट्टानों में खण्डों का स्थानान्तरण होता है उसे विभंग-तल या भ्रंश-तल (Fault plane) कहते हैं। वास्तव में विभंग-तल के सहारे ही गति होती है जिससे भ्रंश का निर्माण होता है। पी. जी. बरसेटर के अनुसार भ्रंश पृथ्वी में विभंग या विभंग (बंगर) होती है जिसके सहारे एक भाग दूसरे भाग की अपेक्षा सरक जाता है<sup>1</sup>। भ्रंश-तल, जिसके सहारे गति या संचलन होती है, लम्बवत (Vertical) हो सकता है, झुका हो सकता है, क्षैतिज हो सकता है, बक्राकार हो सकता है या किसी भी रूप में हो सकता है। भ्रंश उत्पन्न करने वाला संचलन, क्षैतिज, लम्बवत या किसी भी दिशा में कार्य कर सकता है। चट्टानों में भ्रंश के समय लम्बवत दिशा में चट्टानी खण्डों का स्थानान्तरण हजारों मीटर तक तथा क्षैतिज दिशा में कई किलोमीटर तक होता है परन्तु इसका यह तात्पर्य कदापि नहीं है कि समस्त स्थानान्तरण एक ही बार में सम्पन्न हो जाता है। प्रायः यह अनुमान रिया जाता है कि सामान्य रूप से भ्रंश-संचलन एक बार में कुछ मीटर तक हो सकता है। भ्रंश वास्तव में, भूपटल के निर्बल क्षेत्र को प्रदर्शित करता है जिसके सहारे लम्बे समय तक संचलन होता रहता है। भारत में नर्मदा, सोन तथा दामोदर नदियों की घाटियाँ यह भ्रंश को प्रदर्शित करती हैं। रीवा पठार के दक्षिण में कनूर श्रेणियों (उत्तर में) तथा खैजुआ श्रेणियों (दक्षिण में) के मध्य सोन घाटी भ्रंशित घाटी का सुब-सूरत उदाहरण है। (यहाँ पर चट्टानों का नमन कोण 60° से 70° उ० प० है)। घुंजाधार प्रपात तथा भेडा-

घाट (जबनपुर के पास) के बीच नर्मदा की भ्रंशित घाटी दर्शनीय है। राजरणा (हजारीबाग-बिहार) के पास शमोदर घाटी का भ्रंशित रूप देखते ही बनता है। भ्रंश की उत्पत्ति तथा उनमें प्रकारों के विवरण के पूर्व भ्रंश में सम्बन्धित कुछ पारिभाषित शब्दों का अर्थ समझना अति आवश्यक है।

1 विभंग-तल या भ्रंश तल (Fault Plane)—विभंग तल वह गतह होगी जिसके सहारे संचलन होने में चट्टानों का स्थानान्तरण होता है। यह लम्बवत, क्षैतिज, झुका हुआ, बक्राकार या किसी भी प्रकार का हो सकता है।

2 भ्रंश-नति (Fault Dip)—भ्रंश तथा क्षैतिज-तल के बीच के कोण को विभंग तल या नति कहते हैं।



चित्र 132

भ्रंश के विभिन्न अंग

3 उत्क्षेपित खण्ड (Upthrown side)—इसे ऊर्व्वपात पार्श्व भी कहा जाता है। भ्रंश तल के दूसरे ओर के खण्ड की अपेक्षा ऊँचे उठे भाग को उत्क्षेपित खण्ड कहा जाता है।

4. अवक्षेपित खण्ड (Downthrown side)—इसे अवपात पार्श्व कहते हैं। अपर उठे खण्ड की अपेक्षा निचले खण्ड को अवक्षेपित खण्ड कहते हैं। यह पता लगाना प्रायः कठिन होता है कि वास्तव में कौन-सा पार्श्व या खण्ड गतिशील हुआ है।

5 शीर्ष-भित्ति (Hanging wall)—भ्रंश की ऊपरी दीवाल को शीर्ष-भित्ति या ऊपरी भित्ति कहते हैं।

6 पाद-भित्ति (Foot wall)—भ्रंश-तल की निचली दीवाल को पाद-भित्ति कहते हैं।

1. "A fault is a fracture or fissure in the earth along which one side has moved with reference to the other side." Worcester, P. G. A Textbook of Geomorphology, pp. 102, (1948),

7 **भ्रंश कगार (Fault scarp)**—भ्रंश के कारण स्थलीय सतह पर निम्नित खड़े ढाल वाले किनारे को भ्रंश कगार कहते हैं। अर्थात् खड़े ढाल के कारण कगार कभी-कभी त्रिक के समान होते हैं। कगार (Scarp) का निर्माण मंदव भ्रंशन (Faulting) द्वारा ही नहीं होता। कभी-कभी कगार का निर्माण अपरदन द्वारा भी होता है। कगार को 3 प्रकारों में विभाजित किया जा सकता है। देखिये अध्याय तीन की संकल्पना तीन का कगार का विवर।

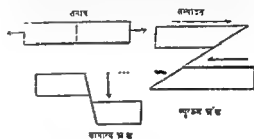
1 **भ्रंश कगार (Fault scarp)**—जब उपर उल्लेख किया जा चुका है। दमक या भ्रंश द्वारा उत्पन्न कगार, भ्रंश कगार होता है।

2. **अपरदन कगार (Erosional scarp)**—जब अपरदन द्वारा कगार का निर्माण होता है तो उसे अपरदन कगार कहते हैं। इसमें एक भाग का अग्रदन हो जाता है तथा दूसरा भाग अप्रभावि रहने के कारण अवशिष्ट रह जाता है। यह स्मरणीय है कि अपरदन कगार का निर्माण पहली निमित्त भ्रंश के बाद भ्रंश अपरदन के कारण सपाट हो जाने पर ही होता है।

3. **संश्लेषण कगार (Fault line scarp)**—यदि अपरदन के बाद कगार का मोड़ हो जाता है तथा पुनः अपरदन के कारण यदि भ्रंश के एक ओर का मुलायम चट्टान वाला भाग कट जाता है तो नवीन कगार का निर्माण होता है। इस तरह अपरदन द्वारा निमित्त कगार को संश्लेषण कगार कहते हैं। यदि यह कगार पहले वाले भौतिक कगार की ही दिशा में जाता है तो उसे **संश्लेषण रेखा कगार (Resequent fault-line scarp)** कहते हैं। यदि "उल्लेखित खण्ड" का सामान्य चट्टान के जाने के कारण "अधक्षेपित खण्ड" की अपेक्षा अधिक अपरदन होता है तो भौतिक "उल्लेखित खण्ड" (Upthrown block) भौतिक "अधक्षेपित" (Down thrown) खण्ड की अपेक्षा नीचा हो जाता है जिस कारण भौतिक कगार की दिशा उलटी हो जाती है। इस तरह के उल्टे कगार को **विलोम संश्लेषण रेखा कगार (Obsequent-fault line scarp)** कहते हैं।

**भ्रंश का वर्गीकरण (Classification of faults)**—भ्रंश-निर्माणकारी मचलन की दिशा तथा प्रकृति में विभिन्नता के कारण भ्रंश में भी पर्याप्त विभेद रखा जाता है। निम्नलिखित भ्रंश के प्रकारों का दक्षिण विवरण आवश्यक है।

**सामान्य भ्रंश (Normal Fault)**—चट्टानों में दूर-दूर पड़ जाने के कारण उमरे दोनो खण्ड जब विपरीत दिशाओं में सरक जाते हैं तो उसे सामान्य भ्रंश कहते हैं। सामान्य भ्रंश में शीर्ष भित्ति या निलम्बी भित्ति अधक्षेपित खण्ड की ओर होती है अर्थात् यह भ्रंश तन में नीचे की ओर सरक जाती है। भ्रंश-तन प्रायः नम्ववन या खड़े ढाल वाले होते हैं। सामान्य भ्रंश द्वारा निमित्त खड़े ढाल वाले कगार को प्रायः **भ्रंश कगार (Fault scarp)** कहा जाता है। भ्रंश कगार की ऊँचाई



चित्र 133

सामान्य तथा व्युत्क्रम भ्रंश (Normal & Reverse Faults)

कुछ मीटर से लेकर कुछ हजार मीटर तक होती है। परन्तु कगार की वास्तविक ऊँचाई का पता लगाना कठिन होता है क्योंकि उसमें अपरदन द्वारा ह्रास होता है।

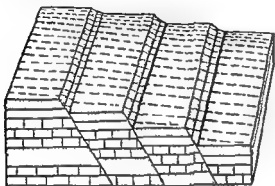
2 **व्युत्क्रम भ्रंश (Reverse Fault)**—जब चट्टानों में दूर-दूर पड़ने में चट्टान के दोनो खण्ड आमने-सामने खिसकते हैं तो निमित्त भ्रंश को व्युत्क्रम भ्रंश कहते हैं। इस तरह की भ्रंश में चट्टान का एक खण्ड दूसरे पर चढ़ जाता है। इस क्रिया को उत्क्रम (Thrust) कहा जाता है। इस आधार पर व्युत्क्रम भ्रंश को उत्क्रम भ्रंश या क्षेपित भ्रंश (Thrust fault) भी कहा जाता है। इस तरह भ्रंश में शीर्ष भित्ति या निलम्बी दीवार (Hanging wall) भ्रंश तन के ऊपर की ओर चढ़ जाती है अर्थात् शीर्षभित्ति ऊपरी खण्ड के माथे ऊपर की ओर होती है। भ्रंश-तन का ढाल सामान्य होता है।

व्युत्क्रम भ्रंश का निर्माण मुख्य रूप में संतिज मचलन के द्वारा उत्पन्न सम्पीडन द्वारा ही होता है। जब इसे सम्पीडनात्मक भ्रंश (Compressional fault) भी कहा जाता है। जब सम्पीडन अधिक होता है तो भ्रंश का एक खण्ड दूसरे पर चढ़ जाता है। इस



तरह के भ्रंश को अवशिष्ट भ्रंश (Overthrust fault) कहते हैं। इसमें भ्रंश तल प्रायः क्षैतिज रहता है।

3 पार्श्वीय या नतिलम्बी सरण भ्रंश—क्षैतिज दिशा में संचलन होने से जब भ्रंश-तल के महान् क्षैतिज गति होती है तो उसे पार्श्वीय भ्रंश (Lateral fault) या नतिलम्बी भ्रंश (Strikeslip fault) कहते हैं। इस तरह के भ्रंश में कगारों की रचना या तो हो ही नहीं पाती, यदि होती भी है तो वह बहुत कम ऊँचा होता है।



चित्र 134

सोपानाकार भ्रंश (Step Fault)।

4 सोपानी भ्रंश (Step Faults)—जब किसी भूभाग में कई भ्रंश का इन तरह निर्माण होता है कि सभी भ्रंश-तल (Fault-plane) का ढाल एक ही दिशा में हो तो उस सोपानी या सीढ़ीदार भ्रंश कहते हैं। इस तरह के भ्रंश के निर्माण के लिये यह आवश्यक है कि भ्रंश द्वारा अधक्षेपित खण्ड का अधोगमन एक ही दिशा में हो।

भ्रंश द्वारा स्थलाकृति का विकास (Development of topography due to faulting)—भ्रंजन की क्रिया द्वारा स्थल-खण्ड का कुछ भाग ऊपर उठ जाता है तथा कुछ भाग नीचे चला जाता है। इस कारण कई तरह के स्थलरूपों का निर्माण होता है, जिन में अवरदन द्वारा अनेक स्थल रूप अंकित किये जाते हैं। भ्रंश द्वारा निर्मित स्थलरूपों में हॉर्स्ट (Horst), ग्राबेन (Graben-दोणिका) तथा रिफ्ट घाटी (भ्रंश घाटी) अधिक महत्वपूर्ण हैं। यहाँ पर रिफ्ट घाटी का विशद उल्लेख किया जायेगा।

रिफ्ट घाटी (Rift Valley)

सामान्य परिचय—भ्रंजन की क्रिया द्वारा उत्पन्न रिफ्ट घाटी, या दरार घाटी एक महत्वपूर्ण स्थलाकृति

होती है। किसी स्थान पर जब दो सामान्य भ्रंश कई किलोमीटर की लम्बाई में इस तरह पड़ती है कि उसके बीच का भाग नीचे धँस जाता है और एक बेसिन या घाटी का निर्माण हो जाता है तो उसे रिफ्ट घाटी या ग्राबेन (Graben) कहते हैं। ग्राबेन जर्मन भाषा का एक पारिभाषिक शब्द है जिसमें एक घाटी या नानुमा गड्ढे का बोध होता है। ग्राबेन तथा रिफ्ट घाटी में अन्तर नहीं होता है। अलग-अलग भागों में इसे रिफ्ट घाटी या ग्राबेन के नाम से सम्बोधित किया जाता है। यदि सूक्ष्म दृष्टि में अन्तर किया जाय तो ग्राबेन, रिफ्ट घाटी से आकार में छोटी होती है। परन्तु यह अन्तर नगण्य है तथा दोनों स्थलरूपों को समानार्थक ही मानना चाहिये। रिफ्ट घाटी का निर्माण उस समय भी होता है जबकि बीच का भाग स्थिर रहे और अगल-बगल वाले भाग ऊपर उठ जायें। सामान्य



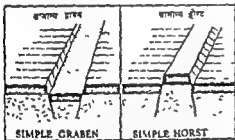
चित्र 135

राइन रिफ्ट घाटी (Rhine Rift Valley)

रूप में रिफ्ट घाटी नम्बी तथा सिकरी परन्तु जलधियाँ गहरी होती हैं। राइन नदी की रिफ्ट घाटी एक प्रमुख रिफ्ट घाटी या ग्राबेन है जो कि बसेल तथा जिन्नेन नगरों के बीच 320 किलोमीटर की लम्बाई और 32 किलोमीटर की चौड़ाई में फैली है। इसके एक ओर वासजेस (Vosges) तथा हार्ज (Hardzt) पर्वत और दूसरी ओर ब्लैक फॉरेस्ट (Black Forest) तथा ओडेनवाल्ड पर्वतों का विस्तार है जो कि हॉर्स्ट या स्थल पर्वतों के उदाहरण उपस्थित करते हैं। समार की सबसे नम्बी रिफ्ट घाटी वह है जो कि जाडें नदी की घाटी, नाल मार्ग की बेसिन में होती हुई जेम्बजी नदी तक 4800 किलोमीटर की लम्बाई में विस्तृत है।

कुछ रिफ्ट घाटियों या ग्राबेन की गहराई इतनी अधिक हो गई है कि उनकी तली मागर-तल से नीचे पायी जाती है। दक्षिणी कैलिफोर्निया की डेथ वैली (Death Valley—घृतक घाटी) इस तरह की ग्राबेन की प्रमुख उदाहरण है। एशिया का मृतक सागर (Dead

Sea) रिफ्ट घाटी का एक महत्वपूर्ण उदाहरण है जिसकी तली सागर-तल से 866 63 मीटर नीचे है। जार्डन-घाटी तथा मृतक सागर की मतलब भी सागर तल से 433 3 मीटर नीचे है। इस घाबेन की समस्त गहराई 1 मील (1.6 किलोमीटर) है। रिफ्ट घाटी या घाबेन के उदाहरण न केवल भूपटल की मतलब पर मिलते हैं बरन् सागर-तली में भी मिलते हैं। समार की मरम गहरी घाबेन के उदाहरण महासागरों के डीप (Deep—गभीर) में मिलते हैं। बयूरा के दक्षिण में बार्टलेट ट्रूफ (Bortlett Trough) सागर-तली की मतलब न 3 मील (4.8 किलोमीटर) गहरी है। डमी तरह का डीप (Deep—गभीर) जावा के पास सागर-तली की मतलब से 4 मील (6.4 किलोमीटर) नीचा है। समार का सबसे गहरा किलोपाइन डीप 5 मील (8 किलोमीटर) तक गहरा है। स्काटलैण्ड का मध्यबर्ली मैदान दक्षिणी आस्ट्रेलिया की स्पेन्सर की खाड़ी आदि रिफ्ट घाटियों के ही उदाहरण हैं। भारत में नर्मदा नदी की घाटी को रिफ्ट घाटी का उदाहरण बनाया जाता है। यन्तु यह विषय विवादास्पद है।



चित्र 136

सामान्य घाबेन तथा होस्ट ।

रिफ्ट घाटी की उत्पत्ति सम्बन्धी परिकल्पनाएँ (Hypotheses of the origin of the Rift Valleys)—रिफ्ट घाटी भ्रम द्वारा उत्पन्न एक ऐसी स्थलाकृति है जिसके निर्माण की सम्म्या आज भी रहस्यमयी बनी हुई है। यद्यपि विद्वानों ने कई रिफ्ट घाटियों का स्वतन्त्र रूप में अध्ययन करते अपने सिद्धान्तों का प्रतिपादन किया है परन्तु ये सिद्धान्त परिकल्पना मात्र बन कर रह गये हैं क्योंकि आज तक कोई ऐसा मत प्रतिपादित नहीं किया जा सका है जिसमें विषय में सभी विद्वान एक मत हो सकें। रिफ्ट घाटी की उत्पत्ति के लिये दो प्रकार की परिकल्पनाओं का प्रतिपादन किया गया है। 1. तनावमूलक परिकल्पना (Tensional

Hypothesis) तथा 2. सम्पीडनात्मक परिकल्पना (Compressional Hypothesis)।

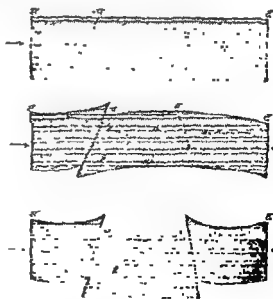
1. तनावमूलक परिकल्पना (Tensional Hypothesis)—शताब्दियों पहले रिफ्ट घाटी की उत्पत्ति के विषय में जिस मत का प्रतिपादन किया गया था उसके अन्तर्गत मेहराब (Arch) के बीच के पत्थर या ईंट (Key stone) के गिरने से निम्न रिक्त स्थान के रूप में रिफ्ट घाटी की उत्पत्ति की कल्पना की गई थी। अर्थात् किसी भवन के मेहराब के बीच वाले पत्थर के ऊपरी भाग में स्थित पत्थर या ईंट जब मेहराब में दरार के कारण नीचे की ओर सरकती है तो बीच में स्थित स्थान बन जाता है। इसी तरह भूपटल पर चट्टानों में तनाव के कारण दो छण्डों के विपरीत दिशा में खिसकने के कारण उनके बीच का भाग जब नीचे सरक जाता है तो रिक्त स्थान का निर्माण होता है। इसे ही रिफ्ट घाटी कहते हैं। इस परिकल्पना की कटु आलोचना की गई है क्योंकि यह कई गहन अवधारणाओं पर आधारित है। उदाहरण के लिए भ्रम के मेहराब के नीचे रिक्त स्थान होता है अतः बीच का पत्थर या की स्टोन (Key stone) आसानी से नीचे सरक सकता है। परन्तु भूपटलीय चट्टानों के नीचे स्थित स्थान गहरी होता है। अतः बीच वाले चट्टानी भाग की नीचे सरकने में कठिनाई होगी। यह तभी नीचे सरक सकता है जब कि यह नीचे स्थित मैग्मा का स्थानान्तरण करने में समर्थ हो। यदि यह सम्भव है तो रिफ्ट घाटी के निर्माण के समय ज्वालामुखी-क्रिया होनी चाहिए क्योंकि स्थानान्तरित मैग्मा ऊपर आने का प्रयत्न करेगा। आकस्मिक घटना के रूप में रिफ्ट घाटी के समय ज्वालामुखी का उद्गार हो सकता है परन्तु यह मर्याद आवश्यक नहीं है। क्योंकि अनेक गहरी रिफ्ट घाटियों में ज्वालामुखी क्रिया के कोई लक्षण या प्रमाण नहीं मिलते हैं। अनेक पर्यवेक्षणों तथा प्रयोगों के आधार पर यह बताया गया है कि रिफ्ट घाटी के निर्माण के समय सक्रिय ज्वालामुखी क्रियाएँ स्थगित हो गई थी। यह तभी हो सकता है जब कि नाबा के निकलने का मार्ग बन्द हो गया हो। यदि तनाव द्वारा विस्तार के कारण रिफ्ट घाटी का निर्माण होता तो लावा का निकलना बन्द नहीं हो सकता है। इसके विपरीत सम्पीडन द्वारा सञ्चन होने में ही नाबा का निकलना बन्द हो सकता है। इस आधार पर वर्तमान समय में तनावमूलक परिकल्पना की मान्यता नहीं है।

2. सम्पीडनात्मक परिकल्पना (Compressional Hypothesis) — तनाव के कारण रिफ्ट घाटी की उत्पत्ति में आने-बानी कठिनाइयों को दूर करने के लिए कुछ विद्वानों ने सम्पीडनात्मक परिकल्पना का प्रतिपादन किया है। इनमें प्रमुख हैं—वेलेण्ड (Wayland), बैली विलिस (Bailey Willis), वारेन डी० स्मिथ (Warren D Smith) तथा बलार्ड (E. C. Bullard)। वेलेण्ड नामक विद्वान् ने अलबर्ट झील (Lake Albert) तथा रुवेन्जोरी खण्ड (Ruwenzori Section) का तथा बैली विलिस ने मृतक सागरखण्ड का अध्ययन करने के बाद यह बताया है कि रिफ्ट घाटियों का निर्माण तनाव द्वारा न होकर गहराई वाले दाब के कारण होता है। सम्पीडन के कारण उत्क्रम भ्रम (Thrust fault) के सहारे किनारे वाले खण्ड (Horst) उपर की ओर सरकते हैं। इन्हें अधिक्षेपण रिफ्ट ब्लॉक (Overthrusting rift block) कहते हैं। इस तरह उपर उठते हुए किनारों के कारण उत्क्रम दाब (pressure) के फलस्वरूप बीच का भाग नीचे की ओर सरकता है। इसे रिफ्ट ब्लॉक (Rift block) कहते हैं। यह रिफ्ट ब्लॉक ऊपर की ओर सरका होता है तथा नीचे की ओर कमजोर चौड़ा होता जाता है। ऊपर उठी इस किनारे बानी शीबानों से चट्टानों के टुकड़ों का संयोग (Slumping) होता है। इस कारण उपर उठी दिवालें सामान्य भ्रम के समान लगती हैं जो कि गायानाकार होती हैं। वास्तव में यह छद्म उत्क्रम भ्रम (Thrust fault) होता है।

बलार्ड की परिकल्पना (Hypothesis of Bullard) — बलार्ड महोदय ने सन् 1933-34 ई० में 'गुरुत्व सर्वेक्षण' (Gravity survey) के समय रिफ्ट घाटी की उत्पत्ति से सम्बन्धित एक नये विचार का प्रतिपादन किया। उन्होंने यह बताया कि रिफ्ट घाटी का रिफ्ट ब्लॉक गुरुत्व के कारण मेहराब के की स्टोन (Key stone) के समान नीचे नहीं सरक सकता है। अतः रिफ्ट घाटी का निर्माण तनाव द्वारा नहीं हो सकता है। रिफ्ट घाटी का निर्माण केवल दोनों पार्श्वों से सम्पीडन (Compression) द्वारा ही हो सकता है। इस तरह यद्यपि बलार्ड ने भी सम्पीडनात्मक परिकल्पना का ही प्रतिपादन किया है परन्तु विस्तृत तथा वेलेण्ड के विचारों से अलग अपने नवीन विचारों की व्याख्या सुस्पष्ट रूप में की है। इस परिकल्पना द्वारा रिफ्ट घाटी की अनेक समस्याओं का निराकरण हो जाता है।

रिफ्ट घाटी का निर्माण बलार्ड ने अनुसार एक बारम्बार नहीं हो जाता है बल्कि कई क्रमिक अवस्थाओं में होता है। प्रथम अवस्था में दृढ़ भूपटल के पठारी क्षेत्र में चट्टानों के स्तरों में क्षैतिज संचलन द्वारा सम्पीडन होता है। इस रूप में क्षैतिज बल (Horizontal force) स्वनखण्ड के दोनों किनारों में आमने-सामने कार्य करते हैं। इस पार्श्ववर्ती सम्पीडन (Lateral compression) के कारण स्वनखण्ड में आकुञ्चन (Buckling) होने लगता है। जैसे-जैसे पार्श्ववर्ती सम्पीडन का कारण दाब बढ़ता जाता है चट्टानों में आकुञ्चन बढ़ता जाता है। जब सम्पीडन अत्यधिक हो जाता है तो चट्टान में एक स्थान पर घटकन (Crack) हो जाती है। सम्पीडन के बढ़ने जाने से चटवन बढ़ती जाती है तथा वह विभंग या दरार (Fracture) में बदल जाती है। निम्न चित्र 137 में 'अ' स्थान पर चटकन हो रही है।

द्वितीय अवस्था में 'अ' के स्थान पर दशर पड़ जाने के कारण एक भाग दूसरे भाग पर बड़ जाता है। इस उत्क्रमण या क्षेण (Thrusting) कहा जाता है। इसके विपरीत दूसरा भाग नीचे चला जाता है। इसे अध क्षेण कहते हैं। निम्न चित्र में 'अ' भाग उत्क्रमण होने से उपर चला गया है। इसके विपरीत 'अ-द' खण्ड नीचे चला गया है। इसी अवस्था में उत्क्षेपित छत



चित्र 137

रिफ्ट घाटी का निर्माण—बलार्ड की परिकल्पना।

की दीगल जब कुछ हजार मीटर तक उँची हो जाती है तो सम्पीडन के कारण अधक्षेपित गूड (अ-न्ड) में भी किमी स्तान पर (ब) चटकन आ जाती है जो कि अधक्षेपित गूड के उच्चतम बिन्दु पर होती है। धीरे-धीरे यह चटकन भी निभग तथा दूरार में परिवर्तित हो जाती है।

तृतीय अवस्था में दबाव के बढ़ जाने से अधक्षेपित खड ने 'ब' स्थान पर दूरार अधिक हो जाती है जिस कारण उसका एक भाग दूसरे पर चढ़ जाता है। चित्र 137 में अधक्षेपित खड अ-न्ड में ब स्थान पर दूरार के कारण ब-द भाग ऊपर उठकर अ-न्ड पर उत्क्रमित (Thrust) हो गया है। इस तरह दो उत्क्षेपित खडों ने बीच-बीच अधक्षेपित खड अ-न्ड रिपट घाटी का निर्माण करता है। चित्र 137 में D रिपट घाटी की उपरी चोडाई को प्रदर्शित करता है।

बलाई महोदय ने रिपट घाटी की चौडाई (D) के विषय में बताया है कि यह (चौडाई) चट्टान की लोचकता (Elasticity) तथा गहराई और अधस्तर (Substratum) के घनत्व पर आधारित होती है। यदि अधस्तर का घनत्व 3.3 मान लिया जाय तो 20 किलोमीटर की गहराई पर रिपट घाटी की चौडाई (D) 39 किलोमीटर होगी। इसी तरह 40 किलोमीटर की गहराई पर चौडाई (D) 65 किलोमीटर होगी। इस तरह से बलाई महोदय ने सफलतापूर्वक रिपट घाटी की उत्पत्ति तथा उसकी विभिन्न समस्याओं को सुलझाने का सफल प्रयास किया है।

वर्तमान समय तक रिपट घाटी की कई समस्याओं का निदान न हो सगावसूचक परिकल्पना से हो पाया है न तो सम्पीडनात्मक परिकल्पना से ही। इस क्षेत्र में और अधिक पर्यवेक्षण तथा अन्वेषण की आवश्यकता है।

## 2 बहिर्जात बल (Exogenetic Force)

यदि अन्तर्जात बल भूतल पर असमानता तथा विषमताओं को उपस्थित करत है तो बहिर्जात बल भूतल पर प्रत्यन्त इन विषमताओं को दूर करने का प्रयास करते हैं। इस तरह बहिर्जात बल समतल स्थापक बल होते हैं। यदि अन्तर्जात बलों द्वारा भूपटल पर विषमताओं का सृजन अचानक हो जाता है तो बहिर्जात बलों को उन्हें दूर करने के लिये दीर्घ काल तक प्रयास करना पड़ता है। बहिर्जात बलों का भूपटल पर प्रमुख कार्य अनाच्छादन (Denudation) होता है। अनाच्छादन का अन्तर्गमन अपक्षय तथा अपरदन की सम्मिलित क्रियाओं का अध्ययन किया जाता है। 'अपक्षय' का अन्तर्गत चट्टानों का विघटन (Disintegration) तथा विघातन (Decomposition) उन्नी स्थान पर होता है। इन विघटित पदार्थों का परिवहन नहीं होता है। अपक्षय के कार्य में ताप, वर्षा के जल तथा वनस्पति जन्तु तथा मानव का हाथ रहता है। अपरदन के अन्तर्गत चट्टानों के टूटन-फूटने तथा बटन में लेकर उनके परिवहन को सम्मिलित किया जाता है। नदी हिमनद पवन भूमि तल जन तथा सागरीय लहर अपरदन द्वारा चट्टानों को बुरेद कर उन्हें अपरदित करती रहती है। अपरदन से प्राप्त पदार्थों का परिवहन करके उनका यथास्थान निक्षेपण करने से रहती है। इन क्रियाओं के दौरान विभिन्न प्रकार के स्थलरूपों (Land forms) का निर्माण विकास तथा विनाश होता रहता है। 'अपक्षय तथा अपरदन' की विषय व्याख्या ब्रमश अध्याय 13 तथा 14 में की गई है तथा प्रक्रमों के रिपय में विवेचन अध्याय तीन की सफलता चार में की गई है।

# ज्वालामुखी-क्रिया तथा स्यलाकृतिक अभिव्यक्ति

(Vulcanicity and Topographic Expressions)

ज्वालामुखी क्रिया तथा उसके उपाग

गामान्य रूप में ज्वालामुखी, ज्वालामुखी के उद्गार की प्रक्रिया तथा ज्वालामुखी-क्रिया (volcano, mechanism of volcanic eruption and vulcanicity) का समानार्थी दिया जाता है परन्तु भूगर्भशास्त्र में इनमें पर्याप्त अन्तर होना है। ज्वालामुखी क्रिया के अन्तर्गत पृथ्वी के आन्तरिक भाग में मैग्मा तथा गैस की उत्पत्ति से लेकर उनके (इन पदार्थों) ऊपर की ओर अग्रसर होने तथा झुपटल के नीचे प्रविष्ट होने एवं धरातल पर प्रकट होने तथा शीतल एवं ठोस होकर रवेदार एवं अर्द्ध रवेदार शैली के निर्माण तक की सारी प्रक्रियाएँ सम्मिलित की जाती हैं।

‘The term vulcanicity covers all those processes in which molten rock material or magma rises into the crust, or is poured out on its surface, there to solidify as a crystalline or semicrystalline rock’

Wooldridge, S. W and Morgan, R. S, An Outline of Geomorphology, 1960, p 97.

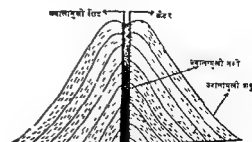
स्पष्ट है कि ज्वालामुखी-क्रिया एक बृहद् प्रक्रिया है जिसका सम्बन्ध भूपृष्ठ के नीचे तथा ऊपर दोनों रूपों में है। धरातल के नीचे अर्थात् आन्तरिक क्रिया में धरातल के नीचे इस्ट तथा मैग्निटन में मैग्मा तथा गैस का निर्माण होता है। इनका ऊपर की ओर प्रसार होता है। मार्ग में मैग्मा (धरातल के नीचे) शीतल होकर ठोस रूप धारण करता है तथा विभिन्न रूपों या आकारों का निर्माण करता है। यथा बेंगोलिय, फैंकोलिय, लैंकोलिय, सिल, डाइक आदि। वास्तविक त्रिपाओं में गर्म एवं तरल पदार्थ (लावा) तथा अन्य पदार्थों एवं गैस आदि के धरातल पर प्रकट होने की क्रियाएँ सम्मिलित होती हैं, जिनमें प्रमुख हैं—ज्वालामुखी, लावा का धरातलीय प्रवाह (fissure flows or lava flood) गर्म जल के स्रोत (hot springs), गीजर (geyser), घुआरे (fumaroles), पंक ज्वालामुखी (mud volcanoes) आदि।

इस तरह स्पष्ट है कि ज्वालामुखी, ज्वालामुखी क्रिया का एक अंग है। ‘ज्वालामुखी मुख्य रूप से एक विवर या छिद्र होता है जिसका सम्बन्ध पृथ्वी के आन्तरिक भाग से होता है तथा जिससे लावा का प्रवाह, तप्त जल का फौवारा या गैसों का विस्फोटक आकस्मिक उद्गार तथा ज्वालामुखी धूल एवं राख का धरातलीय सतह पर आगमन होता है।’

‘A volcano is essentially a fissure or vent, communicating with the interior, from which flows of lava, fountains of incandescent spray or explosive bursts of gases and volcanic ‘ashes’ are erupted at the surface’

Arthur and Doris L. Holmes, Principles of Physical Geology, 1978, p. 33.

ज्वालामुखी का उद्गार केन्द्रीय विस्फोटक रूप में या दरारी शान्त रूप में होता है। प्रथम प्रकार के उद्गार में ज्वालामुखी शंकु का निर्माण होता है जिसे ज्वालामुखी पर्वत कहते हैं। इस पर्वत के ऊपरी भाग में लगभग बीच में एक छिद्र होता है जिसे ज्वालामुखी छिद्र कहते हैं। इस छिद्र का धरातल के नीचे भूगर्भ से सम्बन्ध एक सूकरी नली से होता है जिसे ज्वालामुखी नली (volcanic pipe) कहते हैं। जब ज्वालामुखी का छिद्र विस्तृत हो जाता है तो उसे ज्वालामुखी का मुख (crater) कहते हैं। चित्र 138.



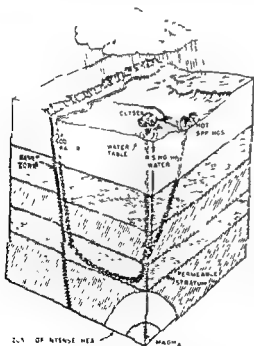
चित्र 138—ज्वालामुखी शंकु के विभिन्न अंग

## ज्वालामुखी से निस्सृत पदार्थ

ज्वालामुखी के उद्गार में निस्सृत पदार्थों में गैस तथा वाष्प लावा, विखण्डित पत्थर एवं ज्वालामुखी राख प्रमुख होते हैं।

## (i) गैस

ज्वालामुखी गैसों में सर्वाधिक भाग वाष्प (steam) का होता है (60 से 90 प्रतिशत), इन्हीं दो वर्गों में विभाजित किया जाता है—(i) भौमजलीय (phreatic) तथा (ii) मैग्माजनित (magmatic)। भौमजलीय वाष्प का स्रोत मुख्य रूप से बाह्य जलमंडार यथा इटर झील घरातलीय जल एवं सागर होते हैं। ये जल विदुरों (fractures) से होकर घरातल के नीचे आकर अत्यधिक ताप के कारण वाष्प में बदल जाते हैं (चित्र 139) जब कभी इन वाष्प का बिना तप्त पदार्थों के घरातल पर आकस्मिक विस्फोट होता है तो उसे भौमजलीय विस्फोट (phreatic explosions) कहते हैं।



चित्र 139 घरातलीय जल का रिक्रिय नीचे जाना तथा मैग्मा मंडार की उष्मा में गर्म होकर वाष्प में बदलना तथा दूसरी नली में वाष्प का गीजर एवं गर्म जलस्रोत के रूप में प्रकट होना—Frank Press एवं R. Siever के अनुसार।

कहते हैं। जानना है कि गैसों भी ज्वालामुखी उद्गार में निस्सृत वाष्प में भी भौमजलीय वाष्प तथा मैग्माजनित वाष्प के हिस्सों का पता लगाना दुष्कर होता है।

वाष्प के अलावा ज्वालामुखी गैसों में अजिनता के रूप में कार्बन डाइऑक्साइड नाइट्रोजन तथा सल्फर डाइऑक्साइड अधिक महत्वपूर्ण होती हैं। इन गैसों का कम मात्रा में निकलने वाले गैसों में हाइड्रोजन सल्फर मानोक्साइड सल्फर तथा सल्फीन प्रमुख हैं। इन गैसों के साथ कई यौगिक (Compounds) भी मिले रहते हैं यथा—गंधकीटित हाइड्रोजन (sulphureted hydrogen), हाइड्रोक्लोरिक अम्ल (acid) तथा अन्य अम्ल, लौह के वाष्पशील क्लोराइड्स (volatile chlorides of iron) पोटैशियम तथा अन्य धात्विक पदार्थ। स्मरणीय है कि ज्वालामुखी गैसों में आपसी प्रतिक्रिया (reactions) तथा वायुमण्डलीय गैसों के सम्पर्क के कारण सद्पण (Contamination) हो जाता है। इन गैसों में न्यूनतम संमिश्रण होता है जिनमें न्यूनतम आक्सीकरण होता है। यथा हाइड्रोजन तथा कार्बन मोनाक्साइड। गैसों के विश्लेषण में ज्ञात हुआ है कि हाइड्रोजन के आक्सीकरण में कुछ वाष्प का जलन होता है। इससे यह आभास मिलता है कि प्राथमिक मैग्मेटिक गैसों में हाइड्रोजन तथा इसके अत्यधिक प्रतिक्रियाशील समकक्षी (highly reactive companions) से गैस अधिक मात्रा में रहती है तथा ज्वालामुखी के उद्गार के समय निस्सृत गैसों में इसका अनुपात कम हो जाता है क्योंकि उद्गार से पहले इसके मात्रा में आक्सीकरण के कारण कुछ कमी आ जाती है। उष्मा के जनन के साथ मैग्मेटिक गैसों में आपसी प्रतिक्रिया के लिए समर्थ होती है तथा ये वायुमण्डलीय आक्सीजन या लावा (जिनके साथ ये ऊपर उठती हैं) के लौह आक्साइड ( $Fe_2O_3$ ) के साथ भी प्रतिक्रिया करती हैं। यद्यपि मैग्मेटिक गैसों के स्रोत का वास्तविक ज्ञान नहीं हो पाया है तथापि यह विश्वास किया जाता है कि इनका कुछ भाग पूर्वस्थित / प्रारम्भिक (Pre-existing) अवस्था में शैलों तथा अन्य भूपृष्ठीय शैलों में जलित हुआ होगा तथा कुछ अतिरिक्त गैसों का जनन गहरे खानों में हुआ होगा। स्पष्ट है कि घरातल के नीचे गैसों वायुमण्डलीय गैसों की तुलना में अत्यधिक क्रियाशील (energised) होती हैं तथा ज्वालामुखी-क्रिया के प्रमुख कारण होती हैं। अर्थात् इन्हीं क्रियाशील / उच्चज गैसों के कारण मैग्मा / लावा

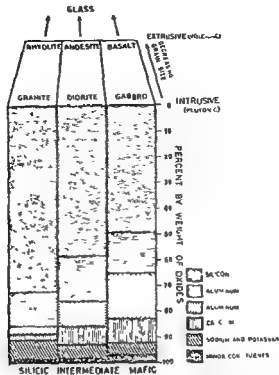
घुनी गैसों (dissolved gases) के कारण मैग्मा तथा पिघले लावा का घनत्व कम हो जाता है। जब इन गैसों के बुलबुल (gas bubbles) का अलगाव होता है तथा उनका झाग (froth) में परिवर्तन होता है तो मैग्मा एवं लावा का घनत्व और कम हो जाता है। इस कारण मैग्मा सामान्य स्थिति (गैस के अभाव में) से अत्यधिक ऊँचाई तक उठता जाता है।

(ii) मैग्मा तथा लावा—सामान्य रूप में धरातल के नीचे पिघले पदार्थों को मैग्मा कहा जाता है और जब यहाँ मैग्मा धरातल पर प्रकट हो जाता है तो उसे लावा कहते हैं। परन्तु इन दोनों में स्थिति-सम्बन्धी अन्तर उतना महत्वपूर्ण नहीं होता है जितना कि उनकी रचना सम्बन्धी अन्तर मैग्मा में सारे वाष्पशील घटक (volatile constituents—गैसों) वर्तमान होने हैं परन्तु लावा से इन घटकों का कुछ भाग (समूह पर पहुँचने पर) वायुमण्डल में या सागर में नष्ट हो जाता है तथा धरातल के नीचे ऊपर उठते समय मार्ग में अतिरिक्त रासायनिक घटक (chemical components) सम्मिलित हो जाते हैं या प्रारम्भिक कुछ घटक नष्ट हो जाते हैं। स्पष्ट है कि मैग्मा लावा का जनक स्रोत (parent source) है। यद्यपि लावा से मैग्मा के मौलिक घटक का कुछ नष्ट हो जाता है तथा उसमें (लावा में) कुछ नए घटक जुड़ जाते हैं तथापि लावा के विशेषण में ऊपरी मैग्मेटिक वी रासायनिक संरचना एवं उसकी भौतिक दशा (physical state) के विषय में महत्वपूर्ण जानकारी प्राप्त होती है।

मैग्मा तथा लावा की विशेषताओं की जानकारी के लिए उनकी रासायनिक संरचना सम्बन्धी कुछ पारिभाषिक नामावलिओं का स्पष्टीकरण आवश्यक है। प्रारम्भ में मैग्मा तथा लावा एवं आग्नेय शैल का वर्गीकरण उनमें मौजूद मिलिका की मात्रा के आधार पर किया जाता था। अतः अधिक सिलिका युक्त मैग्मा को अम्ल प्रधान मैग्मा (acidic magma) (बेनाइट शैल) तथा कम सिलिका ( $\text{SiO}_2$ ) वाले लावा को क्षारकीय लावा (basic lava) की संज्ञा प्रदान की गई। वर्तमान समय में मैग्मा तथा लावा एवं आग्नेय शैलों का वर्गीकरण रासायनिक एवं खनिजीय संघटन (chemical and mineralogical composition) के आधार पर किया जाता है। खनिजों को हल्के रंग (light) तथा गहरे रंग (dark) दो कोटियों में विभक्त किया जाता है। इनमें

हल्के रंग के खनिजों को फेल्सिक (felsic) एवं गहरे रंग के खनिजों को मैफिक (mafic) कहते हैं। हल्के रंग के खनिजों के समूह (light/felsic) में प्रमुख होते हैं स्क्वाट्ज़ तथा फेल्सपार (फेल्सिक शब्द की रचना = fel(s) = feldspar, तथा ic, दोनों खनिजों में सिलिका अथ अधिक होता है)। गहरे रंग के खनिज-समूह में (dark/mafic) पाइरोक्सेन (pyroxenes), अम्फीबोल्स (amphiboles) तथा ऑलिविन (olivines) प्रमुख होते हैं तथा इनमें मैग्नेसियम एवं लौह की अधिकता होती है (मैफिक = Mafic शब्द की रचना = ma = magnesium, f = ferrous—लौह तथा ic)। फेल्सिक तथा मैफिक प्रकारों के अलावा दो और प्रकार होते हैं—मध्यस्थ (intermediate) तथा अल्ट्रा-मैफिक (ultramafic)। स्मरणीय है कि फेल्सपार के कई प्रकार होते हैं तथा आग्नेय शैलों एवं मैग्मा तथा लावा के वर्गीकरण में इनका पर्याप्त महत्व होता है। जिस मैग्मा से ग्रैनाइट का निर्माण होता है उससे पोर्टेसियम फेल्सपार (मुख्य रूप से ऑर्थोक्लेज orthoclase खनिज) अधिक होते हैं (फेल्सिक रूप) जबकि अधिक मैफिक लावा (बेसाल्ट) में सोडियम तथा कैल्शियम फेल्सपार (प्लेजियोक्लेज plagioclase) का अनुपात अधिक होता है। निम्न तालिका में वर्णित लावा (ज्वालामुखीय)—बेसाल्ट (मैफिक), एण्डेसाइट (मध्यस्थ) तथा रायोलाइट (फेल्सिक) तथा अन्तर्जात मैग्मा (तातालीय Plutonic)—ग्रैनाइट (मैफिक), डायोराइट (मध्यस्थ) तथा ग्रैनाइट (फेल्सिक) की सामान्य संरचना अर्थात् सिलिकन, अल्युमिनियम, सोड-मैग्नेसियम, कैल्शियम, मल्फर तथा पोर्टेसियम तथा गंधक घटक के आनसाइट्स की प्रतिशत में व्यक्त किया गया है (चित्र 140)। निम्न तालिका तथा चित्र 140 से स्पष्ट परिणामित होता है कि मैफिक (बेसाल्ट/ग्रैनाइट) से मध्यस्थ (एण्डेसाइट/डायोराइट) में मिलिका के आनसाइट्स में निरन्तर वृद्धि होती जाती है परन्तु लौह-मैग्नेसियम आनसाइट्स में निरन्तर ह्रास होता जाता है।

बेसाल्ट लावा (मैफिक) में सर्वाधिक तरलता (fluidity) होती है तथा इसकी तरलता की अवधि फेल्सिक लावा (रायोलाइट) से अधिक होती है। स्पष्ट है कि सिलिका वाले लावा (बेसाल्ट लावा) की तरलता तथा उसकी अवधि अधिक सिलिका वाले लावा (रायोलाइट) से अधिक होती है। इस तरह अधिक तरलता एवं कम



चित्र 140 लावा तथा मैग्मा के प्रमुख प्रकारों का संघटन। फ्रैंक प्रेम तथा रेमण्ड बीवर, 1978 के अनुसार।

लावा तथा मैग्मा के प्रमुख प्रकारों का संघटन (आबसाइडस प्रतिशत में)

सिलिकन      अल्युमिनियम      सोडियम      कैल्शियम      सोडियम      गंधक  
मैग्नेशियम      मैग्नेशियम      तथा पोटेशियम      संघटक

फेल्सिक	अन्तर्जात ग्रेनाइट बहिर्जात रायोलाइट	74.0	14.0	2.0	1.8	7.0	1.2
मध्यस्थ	अन्तर्जात डायोराइट बहिर्जात एण्डेसाइट	58.0	18.4	9.8	7.0	4.8	2.0
मैफिक	अन्तर्जात गैब्रो बहिर्जात बेसाल्ट	49.0	16.5	18.0	9.5	4.2	2.8

स्थानता (सस्रसत्पन viscosity) के कारण बेसाल्ट लावा की धरातल पर प्रवाह गति (flow speed) सर्वाधिक होती है (100 किमी प्रति घण्टा से कुछ किमी० प्रति-घण्टा परन्तु औसत गति 45 से 65 किमी प्रति घण्टा) बेसाल्ट लावा सबसे गर्म होता है (1000° से 1200° सेण्टीग्रेड)। स्पष्ट है कि बेसाल्ट मैग्मा का गलनांक बिन्दु (melting point) सबसे अधिक होता है तथा यह 1000° 1200° सेण्टीग्रेड तापमान पर पिघल कर लावा (बेसाल्ट लावा) के रूप में सतह पर प्रकट होता है। यह दर्शाता है कि सामान्य ढाल वाली सतह पर

भी आसानी से फैल जाता है। बेसाल्ट लावा का प्रवाह सतह पर पतली चादर के रूप में होता है तथा कई बार लावा प्रवाह (lava flows) होने में परत के ऊपर परत के रूप में अत्यधिक मोटाई तक बेसाल्ट का जमाव हो जाता है। लावा प्रवाह की गति पर धरातलीय ढाल के अलावा उसमें स्थित गैस के प्रारूप का भी प्रभाव पड़ता है। स्मरणोय है कि जब लावा शीतल होकर जमने की स्थिति में आता है या तरल प्रावस्था (जबकि लावा में गैसें घुली रहती हैं) से जगमगा प्रावस्था (froth or foam phase, जबकि गैसें फैलकर बुलबुलों के रूप में हो जाती



है) में आता है ता जगकी स्थानतर (सततसंपन-viscosity) बढ़ जाती है तथा प्रवाह-गति अत्यन्त मन्द हो जाती है। बेसाल्ट मैग्मा की तुलना में रायोलाइट (rhyolite) मैग्मा का गलनांक नीचा होता है तथा यह  $800^{\circ}$  से  $1000^{\circ}$  सेंटीग्रेड तापमान पर पिघलकर लावा के रूप में सतह पर आ जाता है। इसकी स्थानतर या गाढ़ापन बेसाल्ट लावा से काफी अधिक होती है तथा इसका प्रवाह मन्द गति में होता है तथा इसका जमाव मोटी परत के रूप में होता है। इन दोनों अर्थात् बेसाल्ट लावा (बैसिक) एवं रायोलाइट लावा (फेनिसिक) के मध्य एण्डसाइट की स्थिति होगी है क्योंकि इसमें मिलिका की मात्रा बेसाल्ट लावा से अधिक परन्तु रायोलाइट लावा से कम होती है।

लावा प्रवाह को हवाईयन भाषा में अनुसार दो वर्गों में विभक्त किया जाता है—(i) पहोयहोय (Pahoehoe, अंग्रेजी में इसका उच्चारण Pahoyboy किया जाता है) तथा (ii) आह आह (aa, अंग्रेजी में इसका ah, ah उच्चारण होता है)। पहोयहोय लावा अत्यधिक तरल होता है तथा इसका विस्तार चादर के रूप में होता है। इसे सतदार लावा (ropy lava) भी कहते हैं। पहोयहोय का हवाईयन भाषा में अर्थ होता साटन। गेमम जैसा मुलायम, चमकदार तथा चिकना। आह आह लावा अधिक गाढ़ा तथा लसलसा (viscous) होता है। इसे स्लाक लावा भी कहते हैं पहोयहोय लावा पतला होने के कारण मन्द गति में शीतल होता है तथा लम्बी अवधि तक गतिशील रहता है। इसमें गैस धीरे-धीरे निवृत्तकर मुक्त होनी है तथा शीतल होकर जमने पर इसकी सतह चिकनी तथा समतल (smooth) होती है तथा मिकुडन पर रम्मी या डोरी (ropy and corded) के समान हो जाती है। वास्तव में इसका प्रवाह डामर / तारकोल (flow pitch) के समान होता है। कभी-कभी पहोयहोय लावा प्रवाह में समय ऊपरी सतह तथा तिनारे वाले भाग शीतल होकर जम जाते हैं तथा बीच से पिघला लावा आगे निकल जाता है और उस प्रकार रिक्त सुरंग (empty tunnel) बन जाती है। इसी तरह लावा कन्दरा का निर्माण हो जाता है। इसके उदाहरण आइसलैंड तथा हवाई द्वीप में मिलते हैं। आह आह लावा से गैस तीव्रता से मुक्त होती है। परिणामस्वरूप लावा घीघ्रता से ठंडा होता है। इस तरह जमता लावा गैस-स्फीति (gas-inflation) के कारण फँस जाता है तथा खण्डों (blocks) में टूट जाता है। इसी कारण इसे स्लाक लावा कहते हैं। इन खण्डों की ऊपरी सतह असमान तथा ऊबड़खाबड़

(irregular and rough) होती है। कभी-कभी इन खण्डों के किनारे जम्पूरे (चात्र) की धार जैसे तेज होते हैं जिन पर चलना कठिन होता है।

जब पहोयहोय लावा का प्रवाह सागुर-नितल में होता है तो जमने के बाद चमका रूप तकिया या थोरे (sack) जैसा हो जाता है। इसी कारण इसे शिरोघान लावा या पिलो लावा (pillow lava) कहते हैं। प्रारम्भ में लावा जीभ के आकार में आगे बढ़ता है। जल के सम्पर्क में यह ठंडा होने लगता है। परिणामस्वरूप इसका बाह्य भाग कठोर प्लास्टिक आवरण (skin) जैसा हो जाता है जिसके बीच में तरल लावा रहता है। शीतल होने पर बाह्य आवरण खामी हा जाता है तथा आन्तरिक भाग खदेदार होता है। कभी-कभी इसने अरीय चूबटने (radial cracks) भी विकसित हो जाती हैं। इस तरह के जिरोधान (तकिया) आकार के कई खण्डों का ढेर तय जाता है।

(iii) ज्वालामुखीभित्त अथवा विस्फुटित, पदार्थ (Pyroclastic materials) उद्भेदन के पूर्व मैग्मा में वाष्पशील (volatile) सघटक (Constituents) यथा वाष्प तथा धुंकी गैसें मिली होती हैं। जब ऊपर स्थित दाब में कमी होती है तो ये वाष्पशील सघटक धरातल का तोड़कर प्रकट होते हैं। विस्फोटक उद्गार के समय अत्यधिक सिलिका युक्त वाष्पशील गाढ़ा रायोलाइट तथा एण्डसाइट लावा विभिन्न आकार वाले खण्डों में टूट जाता है परन्तु बेसाल्ट लावा शांत प्रकार से धरातल पर फैलता है। विस्फोटक उद्गार के समय क्षीर गैस धरातल के भाग को भी तोड़कर आकाश में उछाल देती है। इस प्रकार ज्वालामुखी उद्गार के समय निस्सृत पदार्थों को जिनमें चूटानी भाग, खनिज, ग्लान, राख आदि सम्मिलित होते हैं, ज्वालामुखीभित्त या विस्फुटित पदार्थ (pyroclastic materials) कहते हैं।

आर्थर होम्स तथा डेविस यल० होम्स ने ज्वालामुखीभित्त पदार्थों का उनके स्रोत के आधार पर निम्न तीन वर्गों में विभाजित किया है—

(1) मौलिक (essential) पदार्थ—जिनका निर्माण उद्गार के समय निस्सृत सजीव लावा (live lavas) के घनीभवन (consolidation) से होता है। इस तरह के पदार्थों के लिए थोरेरिन्सन (Thorarinsson) ने 1954 में टेफरा (tephra) शब्द, जिसका अर्थ राख होता है) नामावली का प्रयोग किया। ये पदार्थ

अमण्डित होते हैं। ऐसे पदार्थों का आकार 2 मिमी-मीटर तक होता है।

(ii) गौण पदार्थ (accessory materials)—जिनका निर्माण मृत लावा (dead lavas) अर्थात् असक्रिय लावा तथा प्रारम्भिक उद्गार में निम्नृत ज्वालामुखीक्षिप्त पदार्थों से होता है।

(iii) आकस्मिक पदार्थ (accidental materials) जिनके अन्तर्गत भूपृष्ठीय चट्टानों (crustal rocks) के विखण्डित पदार्थ होते हैं।

सजीव लावा का तापमान उम लावा से होता है जो पाइरोक्लास्ट के निर्माण के समय पिघली अवस्था या आंशिक रूप से ठोस रूप में होता है। प्रथम प्रकार अर्थात् सजीव लावा से निमित्त पाइरोक्लास्टिक के अन्तर्गत विखण्डित पदार्थों के अन्तर्गत बारीक कणों में लेकर बृहदाकार बम तक की सम्मिलित करते हैं। आकार के आधार पर ज्वालामुखी-निम्नृत पदार्थों (पाइरोक्लास्टिक) को निम्न क्रम में रखा जाता है—सबसे बारीक पदार्थ को ज्वालामुखी धूल (volcanic dust), 2 मिमी मीटर आकार वाले पदार्थों को ज्वालामुखी धूल (volcanic ash), मटर के दाने के आकार वाले छण्ड को लैपिली (lapilli—इटली भाषा का शब्द, जिसका अर्थ होता है 'लघु पत्थर'), 6 सेण्टीमीटर या उससे बड़े आकार वाले छण्डों को ज्वालामुखी बम (volcanic bomb) कहते हैं। बम के आकार दीर्घवृत्तीय (ellipsoidal), चक्रिक (discoidal), असमान गोलक (irregularly round) आदि होते हैं। सामान्य ज्वालामुखी बम का विस्तार (dimension) बेसबॉल (baseball) से बाम्बेडबॉल तक होता है। कभी-कभी कई टन (100 टन तक) भारी टुकड़ों का भी निष्कासन होता है तथा ये 10 किलोमीटर की दूरी तक पहुँच जाते हैं।

ज्वालामुखी उद्गार के समय निष्कासित पदार्थ (ejected pyroclasts) पुनः नीचे वापस गिरते हैं जिनके द्वारा विभिन्न प्रकार के जमाव होते हैं। जब बारीक पदार्थ संगठित (cemented or lithified) होते हैं तो प्रत्युत्पन्न जमाव को ज्वालामुखीटुक (volcanic tuffs) कहते हैं। बड़े विखण्डित पदार्थों के संगठित रूप को ज्वालामुखी संकोणशम (volcanic breccia) कहते हैं। जब बारीक पदार्थ (धूल के आकार के), प्लैट के शिखण्ड (splinters) एवं शृङ्खल-खण्ड (shards) उद्गार के समय गिरने के पहले अत्यधिक दूरी तय करके नीचे गिरकर निक्षिप्त होते हैं तो इस तरह के जमाव

को इम्ब्रिब्रिट (ignimbrites) कहते हैं। इस तरह का जमाव उम समय होता है जब विस्फोटक तथा विनाशकारी उद्गार के समय तप्त राख तथा धूल एवं गैस का निष्कासन बृहदाकार वादल के रूप में होता है। वास्तव में तप्त गैसों के कारण ठोस पदार्थ तैरते या उछलते चलते हैं। इस तरह का उद्भेदन 1902 में माउण्ट पेली (पारिनि) का टुआ या जिमम उद्गार के समय निम्नृत पदार्थों का तापमान 800° सेण्टीग्रेड था तथा उनकी प्रवाह (flow) गति 100 किलोमीटर प्रति घण्टा थी। एक मिनट के अन्तर्गत छण्ड विपरीत शहर के 28 000 जन काय कर्वालि हो गये।

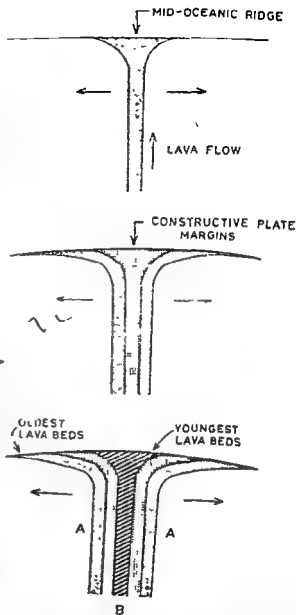
### ज्वालामुखी उद्गार के प्रकार

उद्गार की तीव्रता (intensity) के आधार पर उम सामान्य रूप में दो विशिष्ट प्रकारों में विभक्त किया जाता है—(i) शान्त दरारी उद्भेदन (quiet fissure eruption) तथा (ii) विस्फोटक केन्द्रीय उद्भेदन (explosive central eruption)।

(i) दरारी उद्भेदन (Fissure Eruption) इस प्रकार के उद्भेदन में या तो लावा या ज्वालामुखी क्षिप्त पदार्थों (pyroclastic materials) का उद्गार प्रायः शान्त रूप में या तो लम्बी, एवं सखरी एकाकी दरार या कई दरारों में होता है। जब लावा में मैफिक (mafic) का अंश (मैग्नेशियम तथा लौह अयस्क तथा मिनिक् का) अधिक होता है बेसाल्ट लावा का प्रवाह (flood basalts) या (plateau lavas) अधिक जाना है। इस तरह के बेसाल्ट लावा के प्रवाह में ज्वालामुखी (शुद्ध वास्तव) का निर्माण न होकर लावा मैदान या लावा पठार (लावा को कई क्रमिक परतों के जमाने से) का निर्माण होता है। परन्तु जब लावा फेल्सिक (felsic) के रूप में तथा 'मिनिक् का अंश अधिक' होता है तो ज्वालामुखीक्षिप्त (pyroclastics) पदार्थ अधिक निकलते हैं। महाद्वीपीय पर (अन्तर्लेट स्थिति—inter-plate situation) इस तरह बेसाल्ट लावा के प्रवाह के कारण निमित्त विस्फुट लावा पठारों के उदाहरण प्रायः हर महाद्वीप में मिलते हैं। इनमें प्रमुख हैं मधुक्त राज्य अमेरिका का कोलम्बिया का पठार, भारत का प्रायद्वीपीय पठार तथा ब्राजील एवं पेरगुवे का पटना पठार इनका अग्रत शीर्षक 'ज्वालामुखी मिमि स्थलाकृतियों' के अन्तर्गत विस्तार में विवेचन किया जायेगा। दरारी उद्भेदन की दूसरी स्थिति मध्य महासागरीय कटक (mid-oceanic ridges) अर्थात् रचनात्मक प्लेट बिनारे

(constructive plate margins) के सहारे होती है। इन मध्य महासागरीय कटक के सहारे बेसाल्ट लावा का प्रवाह 'सागर नितल प्रसरण' (sea-floor spreading) के कारण होता है (देखिये अध्याय आठ का शीर्षक 'सागर-नितल प्रसरण')। इस अन्त सागरीय प्रवाह का सही आभास नहीं मिला जाता है क्योंकि यह ब्रिया सागरीय जल के आवरण के नीचे सम्पादित होती है, यद्यपि इस स्थिति में निम्नतः लावा का आयतन महाद्वीपीय स्थिति से निम्नतः लावा से इतनी अधिक होता है कि दोनों की तुलना करना निरर्थक होगा। महासागरीय के अन्तर्गत लावा का प्रवाह जिन दरारों से होता है वे कटक के शिखर (ridge crests) या मध्य भ्रूज घाटियाँ (median rift valleys) में सम्बन्धित होती हैं। इस प्रकार पूर्ण ग्लोब पर महासागरीय कटक-दरार प्रणाली (global oceanic ridge-fissure system) का विस्तार लगभग 50 000 किलोमीटर तक है तथा इनसे निम्नतः लावा से वर्तमान समय में सम्पूर्ण महासागरीय फ़्लोर का निर्माण हुआ है। आइसलैण्ड जो मध्य भूतल-शक्ति कटक के ठीक ऊपर स्थित है, इस तरह के लावा प्रवाह का सर्वोत्तम उदाहरण प्रस्तुत करता है (विस्तृत विवरण के लिए देखिये इस पुस्तक के अध्याय आठ-प्लेट विवर्तनिकी—का शीर्षक 'प्लेट टेक्टॉनिक्स एंड ज्वालामुखी-क्रिया')। मध्य महासागरीय कटक के सहारे विपरीत दिशाओं में गतिशील प्लेट के कारण जलित दरार के सहारे निम्नतः लावा के दो भागों में बँट कर कटक के दोनों ओर अपसरण होने की प्रक्रिया के लिए देखिये इस पुस्तक के अध्याय आठ के चित्र 72 तथा 87 तथा इस अध्याय का चित्र 141। जब मैग्मा में तिलिका की मात्रा अधिक होती है (felsic magma) तो ज्वालामुखीय पदार्थों (pyroclastic materials) का उद्गार लावा की तुलना में अधिक होता है। इस तरह के उद्भेदन से विस्फुट इग्निम्ब्राइट चादर (ignimbrite sheet) का निर्माण होता है।

(ii) केन्द्रीय उद्भेदन (Central Eruptions) केन्द्रीय उद्गार एक विन्दु से होता है जबकि दरारी उद्गार रेखिक रूप (दरार के सहारे) में होता है। यदि दरारी उद्गार में मैग्मा बेसाल्ट बाइ के रूप में जल की भाँति स्वतंत्र रूप में धारातल के सहारे क्षितिज रूप में होता है तो केन्द्रीय उद्भेदन में मैग्मा की तीव्रता के कारण ज्वालामुखी पदार्थ आकाश में अत्यधिक ऊँचाई तक लम्बवत (vertical) रूप में होता है। केन्द्रीय उद्गार



चित्र 141—मध्य महासागरीय कटक के सहारे जलित दरार के सहारे लावा का प्रवाह तथा उनके कटक के दोनों ओर प्रसार। सबसे बाह्य भाग (A) में लावा का सबसे पुराना स्तर तथा कटक के पाम (B) सबसे नवीन स्तर होने है।

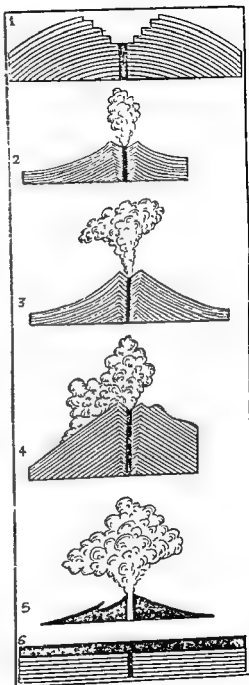
प्रायः एक सकरी नली या द्रोणी के सहारे एक छिद्र से होता है। जब लावा के साथ गैस की मात्रा अधिक होती है तो ऊपरी दबाव कम होने पर ये गैसें बड़ी तीव्रता से झूपटल के निचले भाग पर घटके लगती है तथा वहाँ-

कभी भी कमजोर भूपटल निलता है, वहाँ पर जैसे उन्हे तोड़कर भयकर आवाज करती हुई अत्यधिक तीव्रता का साथ धगतल पर प्रकट होती है। परिणामस्वरूप लावा पदार्थ अत्यधिक ऊँचाई तक आकाश में चला जाता है तथा वाप, गैस एवं धूल की अधिकता से आकाश में अधिक दूर तक घनघोर वाले बादल छा जाते हैं। थोड़ी देर के बाद लावा तथा विखण्डित पदार्थ इस प्रकार नीचे गिरने लगते हैं कि लगता है कि जैसे चट्टानी टुकड़ों की वर्षा हो रही हो। इन पदार्थों के एकत्रित होने तथा जमाव में ज्वालामुखी-छिद्र के चारों तरफ शकु की रचना होती है। बर्फी-कभी इनका आकार शकु का न होकर, गुम्बद या ढोला (Dome or mounds) के रूप में होता है। 'वे ज्वालामुखी, जिनके छिद्र (मुख) का व्यास कुछ मी फीट से अधिक नहीं होता, आकार गोल या कर्णिक-करीव गोल होता है तथा जिनमें गैस, लावा तथा विखण्डित पदार्थ अधिक मात्रा में भयकर उद्भेदन के साथ आवाज में काफी ऊँचाई तक प्रकट होते हैं, केन्द्रीय उद्गार वाले ज्वालामुखी कहे जाते हैं।'

इस प्रकार के ज्वालामुखी अत्यधिक विनाशकारी होते हैं। इसके उद्गार में भयकर भूकम्प आते हैं तथा शकु का अधिकांश भाग विस्फोटित होकर वायु में उड़ जाता है। यहाँ पर यह स्पष्ट करना आवश्यक है कि सभी केन्द्रीय उद्गार वाले ज्वालामुखी एक समान ही भयकर नहीं हुआ करते। इनके उद्गार में अन्तर निस्सृत पदार्थों की विभिन्नता एवं उद्गार की अवधि के अनुसार इन्हे कई उपविभागों में रखा जा सकता है। इस आधार पर लैक्रोइस (Lacroix) ने ज्वालामुखी को चार भागों (हवाता, स्ट्राम्बोली, वेल्वेना तथा पीनी प्रकार) में विभाजित किया है। कुछ विद्वानों ने इन्हे 6 भागों में वर्गीकृत किया है। प्रत्येक विभाग विशेष प्रकार के उद्भेदन पर आधारित हैं।

(i) हवाई तुल्य ज्वालामुखी (Hawain Type of Volcanoes)—इस प्रकार के ज्वालामुखियों का उद्गार शांत दग से होता है तथा भयकर उद्भेदन बहुत कम होता है। इनका मुख्य कारण लावा का पतला होना तथा गैस की तीव्रता में कमी का होना है। इस कारण गैसे धीरे में लावा से अलग होकर भूपटल पर प्रकट हो जाती है। निकलने वाले विखण्डित पदार्थ (Fragmental materials) नगण्य होते हैं। उद्गार के समय लावा के छोटे-छोटे साल पिण्ड गैसों के साथ ऊपर उछाल दिये

जाते हैं। जब वायु द्वारा ये साल पिण्ड गेव लिये जाते हैं तो लगता है कि आकाश में नावा-पिण्ड, केशों (Hair) की तरह उड़ रहे हैं। हवाई द्वीप के लोग इसे अपनी



चित्र 142—1. हवाई तुल्य, 2. स्ट्राम्बोली तुल्य, 3 वनवैनी तुल्य, 4 पीनियन तुल्य, 5 प्लिनियन तुल्य, 6 आइसलैंड तुल्य।

अग्निदेवी पीली (Pelee) की केसरशि समझते हैं। इस तरह का उद्गार खासकर हवाई द्वीप पर होता है, जिन कारण इस प्रकार के ज्वालामुखियों का नामकरण “हवाई प्रकार के ज्वालामुखी” किया गया है।

(ii) स्ट्राम्बोली तुल्य (Strombolian type of Volcanoes)—इस तरह का ज्वालामुखी प्रथम प्रकार की अपेक्षा कुछ तीव्रता से प्रकट होता है। जब गैसों के मार्ग में रुकावट होती है तो कभी-कभी भयंकर उद्गार भी होते हैं यद्यपि लावा में एमिड की मात्रा कम ही है, फिर भी हवाई प्रकार के ज्वालामुखी की अपेक्षा यह अधिक पतला एवं हल्का नहीं होता है। तरल लावा के अतिरिक्त कुछ विखण्डित पदार्थ जैसे ज्वालामुखी-धूल, शामक (Pumice), अवस्कर (Scoria) तथा ज्वालामुखी बम (Bomb) भी उद्गार के समय निकलते हैं, जो अधिक ऊँचाई पर जाकर पुनः ज्वालामुखी केंद्र में गिर पड़ते हैं। इस प्रकार का उद्गार भूमध्य सागर में सिसली द्वीप के उत्तर में स्थित लिपारी द्वीप (Lipari Island) के स्ट्राम्बोली (Stromboli) ज्वालामुखी में पाया जाता है तथा इसी के नाम पर इस तरह के उद्गार वाले ज्वालामुखियों को “स्ट्राम्बोली तुल्य ज्वालामुखी” कहते हैं। यद्यपि स्ट्राम्बोली से मतलब उद्भेदन होता है परन्तु यह आवश्यक नहीं है कि इस प्रकार के ज्वालामुखियों से मतलब उद्भेदन होता रहे।

(iii) बलकैनी तुल्य ज्वालामुखी (Vulcanian Type of Volcanoes)—इस प्रकार का ज्वालामुखी प्रायः विस्फोट एवं भयंकर उद्गार के साथ ही प्रकट होता है। इससे निस्सृत लावा इतना चिपचिपा एवं लसदार (Viscous and pasty) होता है कि दो उद्गारों के बीच यह ज्वालामुखी छिद्र पर जमकर उभे ढक लेता है। इस तरह गैसों के मार्ग में अवरोध हो जाता है। परिणामस्वरूप गैसों में अधिक मात्रा में एकत्रित होकर तीव्रता से ऊपर वाले अवरोध को उड़ा देती हैं तथा भयंकर रूप में आकाश में अधिक ऊँचाई तक प्रकट होती हैं। इस कारण ज्वालामुखी-मेघ काफी दूरी तक छा जाते हैं। इनका आकार प्रायः फूलगोभी के रूप में होता है। इन तरह के उद्गार से एमिड से लेकर पेंटिग (वेमिक) सभी प्रकार का लावा निस्सृत होता है। इस प्रकार के ज्वालामुखी का नामकरण भूमध्य सागर-स्थित लिपारी द्वीप के प्रसिद्ध ज्वालामुखी “बलकैनी” (Vulcano) के आधार पर किया गया है। इसमें प्रत्येक अगला उद्भेदन पिछले उद्गार से निमित्त लावा की परत की उठाकर होता है।

(iv) पीलियन तुल्य ज्वालामुखी (Peleean Type of Volcanoes)—पीलियन प्रकार के ज्वालामुखी सबसे अधिक विनाशकारी होते हैं तथा इनका उद्गार सबसे अधिक विस्फोटक एवं भयंकर होता है। इनमें निस्सृत लावा सबसे अधिक चिपचिपा तथा लसदार होता है। उद्गार के समय ज्वालामुखी-नली में लावा की कठोर पट्टी जमा हो जाती है तथा अगले उद्गार के समय भयंकर गैसों के उद्गारे तीव्रता से तोड़कर आवाज करती हुई धरातल पर प्रकट होती हैं। इनसे निस्सृत लावा तथा विखण्डित पदार्थ सर्वाधिक होते हैं। प्रज्वलित गैसों के कारण ज्वालामुखी मेघ प्रकाशमान हो जाते हैं। 8 मई मन् 1902 ई० को पश्चिमी द्वीप समूह के मार्टिनिक् (Martinique) द्वीप पर पीली (Pelee) ज्वालामुखी का भयंकर उद्भेदन हुआ था। इसी आधार पर अत्यधिक भयंकर उद्गार वाले ज्वालामुखियों को “पीली तुल्य ज्वालामुखी” कहते हैं। इनके उद्गार में पहलू का शंकु या गुम्बद पूर्णतया या अधिकांश रूप में नष्ट हो जाता है। इसी तरह जावा एवं सुमात्रा के मध्य सुब्बा जल-उद्भेदन में मन् 1883 ई० में क्राकाटाओ (Krakatau or Krakatoa or Krakatau) ज्वालामुखी का उद्गार हुआ था जिससे पुराने शंकु का एक तिहाई भाग हवा में उड़ गया। भयंकर गैस एवं वाष्प के कारण 17 मील की ऊँचाई तक बादल घिर गये। इतना ही नहीं अगले उद्गार के समय (प्रथम उद्गार के केवल एक दिन बाद) ज्वालामुखी धूल एवं राख तथा वाष्प का बादल 50 मील की ऊँचाई तक आकाश में पहुँच गया। द्वीप को दो तिहाई भाग सागर में निमज्जित हो गया। उद्गार की भयंकर आवाज 3000 मील दूर आस्ट्रेलिया तक सुनी गई तथा भूकम्प के कारण सागर में 120 फीट ऊँची लहर उठ गई जिससे जावा एवं सुमात्रा के तटीय भागों में 36,000 व्यक्ति मारे गए। सन् 1911 में फ्लोपाइन द्वीप समूह में माउण्ट ताल (Mount Taal) का भयंकर उद्भेदन हुआ।

(v) विसूवियस तुल्य ज्वालामुखी (Vesuvius Type of Volcanoes)—विसूवियस प्रकार के ज्वालामुखी बलकैनियन प्रकार की तरह ही होते हैं। अन्तर केवल इतना होता है कि गैसों की तीव्रता के कारण लावा पदार्थ आकाश में अत्यधिक ऊँचाई तक पहुँच जाता है। ज्वालामुखी-बादल का आकार फूलगोभी के समान होता है। जब विस्फोटित पदार्थ काफी ऊँचाई तक पहुँच जाते हैं तो गैस एवं वाष्प में निमित्त ज्वाला-

मुखी वादल गोलाकार हो जाता है। इस प्रकार का उद्भेदन 79 ई० में विसूवियस में हुआ था, जिसका प्रथम पर्यवेक्षण प्लिनी (Pliny) महोदय ने किया था। इस आधार पर प्लिनी के नाम पर ऐसे उद्गार वाले ज्वालामुखी को प्लिनियन प्रकार (Plinian Type) के ज्वालामुखी कहते हैं।

### ज्वालामुखी-क्रिया का विश्ववितरण

ज्वालामुखी की स्थितियों के विश्व व्यापक प्रारूप (global pattern) को दो रूपों में व्यवस्थित किया जा सकता है—(i) परम्परागत वितरण प्रारूप (traditional distribution pattern) जिसका प्रचलन प्लेट विवर्तनिकी (1960 से) के पहले था तथा ज्वालामुखी को तीन पेट्रियो या मेम्ब्रानो (परिप्रशान्त, मध्य महाद्वीपीय तथा मध्य अटलाण्टिक) में विभक्त किया जाता रहा है। (ii) प्लेट किनारों के परिवेश में ज्वालामुखियों का वितरण।

(i) परम्परागत वितरण प्रणाली यदि जाग्रत एवं अन्य ज्वालामुखियों को सतत के मानचित्र पर प्रदर्शित किया जाय तो यह स्पष्ट ज्ञात होता है कि इनका वितरण एक निश्चित क्रम में पाया जाता है। विश्व के वर्तमान जाग्रत ज्वालामुखियों की संख्या 500 के लगभग बताई जाती है। यदि पुराने शकु, प्रसुप्त तथा प्रशान्त सभी प्रकार के ज्वालामुखियों को सम्मिलित किया जाय तो यह संख्या काफी अधिक हो जायेगी। उद्गार की सक्रियता तीव्रता एवं अवधि के आधार पर ज्वालामुखियों को तीन प्रकारों में विभक्त किया जाता है—(i) जाग्रत या सक्रिय ज्वालामुखी (active volcanoes) इनसे लावा, गैस तथा विखण्डित पदार्थों का मतन उद्गार होता रहता है, (ii) प्रसुप्त ज्वालामुखी (dormant volcanoes)—उसे कहते हैं जो प्रथम उद्गार के बाद लम्बी अवधि तक शान्त या असक्रिय हो जाते हैं परन्तु उनका पुन अचानक उद्भेदन शरम्भ हो जाता है। विमूवियस ज्वालामुखी इनका प्रमुख उदाहरण है। प्रथम उद्गार 79 ई० में हुआ। तदनन्तर इसमें उद्गार 1631, 1803, 1872, 1906, 1927, 1928 तथा 1929 में हो चुक है। (iii) शान्त ज्वालामुखी (extinct volcanoes)—उसे कहते हैं जब उद्गार पूर्णतया समाप्त हो जाता है तथा उसके मुख में जल, एक बाढ़ भर जाते हैं तथा सीलों का निर्माण हो जाता है। स्मरणीय है कि पृथ्वी की आन्तरिक संरचना के व्यवहार की विषय जानकारी के मिल जाने पर किसी ज्वालामुखी को

शान्त नहीं कहा जा सकता। परन्तु अब तक उनकी वास्तविक संख्या के विषय में एकमत नहीं है। ज्वालामुखी के विश्व-वितरण की व्याख्या के पहले यह आवश्यक है कि उनकी स्थिति तथा उनके प्रकट होने वाले स्थानों की व्याख्या की जाय। यदि भूकम्प-क्षेत्र तथा ज्वालामुखी-क्षेत्र पर दृष्टिपात किया जाय तो दोनों में अधिकाधिक समानता दृष्टिगोचर होती है। इससे यह स्पष्ट होता है कि ज्वालामुखी-घटना तथा भूकम्प की घटना में अटूट सम्बन्ध है।

ज्वालामुखी के उद्गार के लिये यह आवश्यक है कि वहाँ पर भूगटल कमजोर हो तथा गैसों के निर्माण के लिये जल की सुलभता होनी चाहिये। इस दृष्टि से पर्वत निर्माण के क्षेत्र तथा सागरीय तटवर्ती भाग ज्वालामुखी क्रिया के लिये अधिक सुविधाजनक होते हैं। इस आधार पर यदि ज्वालामुखी के विश्ववितरण पर ध्यान दिया जाय तो यह साफ स्पष्ट हो जाता है कि विश्व के अधिकांश ज्वालामुखी, नवीन मोड़दार-भ्रंशियों के सहारे (सकी एण्डोज 'स्ट्रुक्चर' अल्पम-हिमालय स्ट्रुक्चर) भूभ्रम पाटियों के सहारे (अफ्रीका की भूभ्रम घाटी—Rift Valley), सागर तटीय भागों खासकर महाद्वीपीय चतुर्तरो (Continental shelves) तथा मध्य महासागरीय कटक के सहारे पाये जाते हैं। नवीन मोड़दार पर्वतीय क्षेत्रों में सम्पीडन तथा खिंचाव के कारण हलचलें होती रहती हैं, जिस कारण दरार पड़ जाने से भूगटल कमजोर हो जाता है तथा ज्वालामुखी का उद्गार होता रहता है।

इसी प्रकार सागरतटीय भागों के महाद्वीपीय चतुर्तरो के सहारे ज्वालामुखी का पाया जाना इस बात का परिचायक है कि सागरीय जल रिसकर भूगर्भ में चला जाता है। वहाँ पर अत्यधिक ताप के कारण गैस में बदल जाता है। पुन ऊपर धक्के लगा कर ज्वालामुखी के उद्गार में सहायक होता है। यही कारण है विश्व के अधिकांश ज्वालामुखी प्रशान्त महासागर के दोनों तटीय भागों तथा समुद्र-द्वीपों पर पाये जाते हैं। परन्तु इस तथ्य को एक नियम नहीं माना जा सकता है। पहले प्राय ऐसा समझा जाता रहा है कि विश्व के लगभग सभी ज्वालामुखी सागर के नजदीक पाये जाते हैं, परन्तु वर्तमान समय में यह मत मान्य नहीं है। यद्यपि सागरीय जल, जो कि रिसकर अन्दर जाकर गैस तथा वाष्प बन जाता है, ज्वालामुखी के उद्गार में सहायक होता है परन्तु उसे ज्वालामुखी-क्रिया का

एकमात्र कारण नहीं माना जा सकता है। ऐसे अनेक प्रमाण हैं कि ज्वालामुखी का उद्गार ऐसे स्थानों पर हुआ है जो कि सागर से काफी दूर रहे हैं। उदाहरण, ले लिये जूरैमिक, क्रीटेनियस तथा टर्शियरी युगों में अधिकांश महाद्वीपीय भागों पर ज्वालामुखी-क्रिया घटित हुई थी तथा ये स्वयं-भ्रम सागर में काफी दूर थे। अटलांटिक के तटीय भागों में ज्वालामुखी की न्यूनता भी इसी बात की पुष्ट करती है।

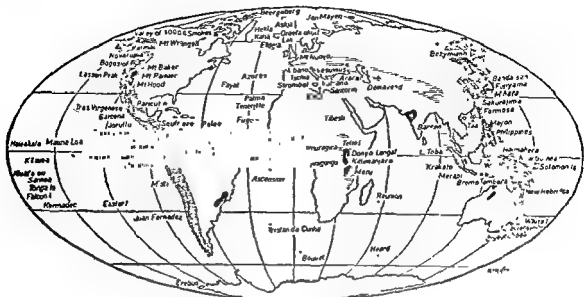
ज्वालामुखी का उद्गार वही पर हो सकता है, जहाँ पर उद्गार के लिये पृथ्वी की गहराई में पर्याप्त मैग्मा मौजूद हो। परन्तु यह विषय भी निवादग्रस्त ही है। पृथ्वी के अन्दर मैग्मा का कोई स्थायी भण्डार है? ऐसा अभी तक निश्चित नहीं हो पाया है।

(ii) *प्लेट टेक्टॉनिक्स के आधार पर वितरण प्रणाली*—प्लेट विवर्तनिकी के आधार पर ज्वालामुखी-क्रिया पर तथा प्लेट किनारों में पूर्ण महसम्बन्ध परिचित होता है। विश्वस्तरीय पर अधिकांश सक्रिय ज्वालामुखी प्लेट की सीमाओं के साथ सम्बन्धित हैं। लगभग 15 प्रतिशत ज्वालामुखी रचनात्मक प्लेट किनारों (Constructive plate margins) जहाँ पर दो प्लेट (मध्य महासागरीय कटक) विपरीत दिशाओं में अपसरित (diverge) जाते हैं के सहारे तथा 80 प्रतिशत विनाशक प्लेट किनारों (destructive plate margins) जहाँ पर दो प्लेट आपस में सामने से आकर अभिगमित (converge) होते हैं तथा अपेक्षाकृत भारी प्लेट का हल्के प्लेट के नीचे शोषण (subduction) होता है के सहारे आते हैं। इनके अलावा कुछ ज्वालामुखी का उद्भेदन प्लेट के आन्तरिक भाग (intra plate region) में भी होता है। पर्याप्त—हवाई द्वीप के ज्वालामुखी प्रशांत महासागरीय प्लेट के अन्दर पूर्वी अफ्रीका भू-भ्रम घाटी क्षेत्र में ज्वालामुखी अफ्रीकन प्लेट के अन्दर आदि अन्तराप्लेट स्थितियों के द्योतक हैं। इतना ही नहीं ज्वालामुखी के उद्गार के प्रकार तथा उनमें निरगृत लावा तथा प्लेट किनारों में भी गहरा सम्बन्ध है। उदाहरणार्थ—रचनात्मक प्लेट किनारों अर्थात् महासागरीय अपसरण मंडल (oceanic divergence zone—मध्य महासागरीय कटक तथा अन्तरमहासागरीय ज्वालामुखी (intra-oceanic volcanoes) का लावा बेसाल्ट मैग्मा में निकलता है (mafic lava—मैफेसियम तथा लोह अश की अधिकता तथा मिलिका की अपेक्षाकृत न्यूनता), जहाँ पर महासागरीय प्लेट का महासागरीय

प्लेट से टकराव होता है (अभिगमन) एण्डेसाइट तथा बेसाल्ट की अधिकता होती है, जहाँ पर महामागरीय प्लेट का महाद्वीपीय प्लेट से टकराव होता है वहाँ पर एण्डेसाइट तथा बेसाल्ट के अलावा रायोलाइटिक इनिमब्राइट का भी उद्गार होता है। विषय विवरण के लिये देखिये इस पुस्तक के आठवें अध्याय (प्लेट विवर्तनिकी) का शीर्षक प्लेट टेक्टॉनिक्स एवं ज्वालामुखी-क्रिया।

ज्वालामुखी के परम्परागत वितरण प्रणाली तथा प्लेट विवर्तनिकी के आधार पर अभिन्न वितरण प्रणाली को पारम्परिक रूप में विलय करके ज्वालामुखियों के निम्न मेखला-रूप वितरण प्रणाली को प्रस्तुत किया जा सकता है—

(i) परिप्रशांत महासागरीय मेखला (Circum Pacific Belt) या विनाशक प्लेट किनारों के ज्वालामुखी—विश्व के ज्वालामुखियों का लगभग दो तिहाई भाग प्रशांत महासागर के दोनों तटीय भागों, द्वीप-चापों (Island-arcs) तथा समुद्रीय द्वीपों के सहारे पाया जाता है। इस ज्वालामुखी की शृङ्खला को “प्रशांत महासागर का ज्वालामुखी” (Fire girdle of the Pacific Ocean) अथवा Fiery ring of the Pacific कहते हैं। यह पेटी अंटार्कटिका के एरेबस (Erebus) पर्वत से शुरू होकर दक्षिणी अमेरिका के पश्चिमी तट के सहारे खास कर एण्डीज पर्वत-माला का अनुसरण करती हुई उत्तरी अमेरिका के राकी पर्वत के ज्वालामुखी को सम्मिलित करके पश्चिमी तटीय भागों के सहारे अन्तर्गता तट पहुँचती है। यहाँ से यह शृङ्खला मुड़कर गणिया के पूर्वी तटीय भाग के सहारे जापान द्वीप समूह तथा फिलीपाइन द्वीप समूह के ज्वालामुखी पर्वतों को सम्मिलित करती हुई पूर्वी द्वीप समूह पहुँच कर वहाँ पर “मध्य महाद्वीपीय पेटी” में मिल जाती है। विश्व के अधिकांश ऊँचे ज्वालामुखी पर्वत इसी पेटी में स्थित हैं। इस पेटी में अधिकांश ज्वालामुखी, शृङ्खला (Chain) के रूप में पाये जाते हैं। उदाहरण के लिए अल्पुगिगुन, जापान द्वीप-समूह तथा हवाई-लैंड द्वीप के ज्वालामुखी, श्रेणी के रूप में पाये जाते हैं। विश्व के उन महत्वपूर्ण ज्वालामुखियों में जो कि समूह में स्थित हैं, इससेट्टर के ज्वालामुखी विषयविषयात् हैं। यहाँ पर 22 प्रमुख ज्वालामुखी पर्वत, समूह में पाये जाते हैं, जिनमें से 15 ज्वालामुखी ऐसे हैं, जिनकी ऊँचाई 15,000 फीट से अधिक है तथा कोटापिक्सी



ज्वालामुखी-रिया तथा स्थलातटिक अभिव्यक्ति

चित्र 143—ज्वालामुखी का विश्ववितरण ।

(Cotopaxi Ecuador) ज्वालामुखी पर्वत, जिसकी ऊँचाई 19,613 फीट है विश्व का सबसे ऊँचा ज्वालामुखी पर्वत है ।

इस मेखला में जापान का प्रसिद्ध ज्वालामुखी पर्वत फुजियामा (Fujiyama), फिलीपाइन का माउन्ट ताल सयुक्त राज्य अमेरिका का शस्ता रेनियर तथा हूड फिलीपाइन का मेपान तथा मध्य अमेरिका का विम्बरेजो प्रादि सम्मिलित किये जाते हैं । इस मुख्य मेखला के अलावा प्रशांत महासागर में फीनि अस्तव्य द्वीपों पर अनेक जाम्बत तथा प्रमुख एवं प्रशान्त ज्वालामुखी पाय जाते हैं । मरुका के अनुमान्तक विवरण नीचे दिया जा रहा है—

स्पान ज्वालामुखी का स्थल	स्पान ज्वालामुखी की संख्या
कमचटका	9
कुराइन द्वीप	13
फिलीपाइन	98
द० पू० न्यूगिनी	15
मोलोमन द्वीप	2
न्यू हेब्रड्स	7
टागा	6
करमाडेक	1
न्यूजीलैण्ड	4
अन्टार्क्टिक द्वीप तथा अलास्का	35
जापान द्वीप समूह	33

(ii) मध्य महाद्वीपीय मेखला (Mid-continental-Belt) या महाद्वीपीय-प्लेट अभिसरण मेखला—वास्तव में इस मेखला का प्रारम्भ रचनात्मक प्लेट किनारों अर्थात् मध्य अटलाण्टिक (महासागरीय) कटक (अपसरणमंडल (divergence zone) से होता है यद्यपि अफ्रीका ज्वालामुखी विनाशालय प्लेट किनारों के सहार आते हैं यद्यपि टुर्गियन प्लेट तथा अफीकन एवं इण्डियन प्लेट (दोनों महाद्वीपीय प्लेट) का अभिसरण होता है । यह मेखला आइसलैण्ड (जो कि मध्य अटलाण्टिक कटक के ऊपर स्थित है) के हेल्ला पर्वत में प्रारम्भ होती है । यहाँ पर दरारी उद्धार वाले अनेक ज्वालामुखी दृष्टि-गत होते हैं । इनमें 1783 ई० का लाकी दरारी ज्वालामुखी (Laki Fissure Volcano) काफी महत्वपूर्ण है 32 किमी० लम्बी दरार से 12 घन किलोमीटर मात्रा का प्रवाह हुआ था । आइसलैण्ड से यह मेखला स्कॉटलैण्ड होती हुई कनारी द्वीप (आध्र महासागर) पर पहुँचती है । यहाँ पर इसकी दो शाखाएँ हो जाती हैं । प्रथम शाखा आध्र महासागर से होती हुई पश्चिमी द्वीप समूह तक जाती है । दूसरी शाखा की एक उपशाखा अफीका में चली जाती है जहाँ पर ज्वालामुखी, भूचल-पाटी के सहारे पाय जाते हैं तथा दूसरी मुख्य शाखा स्पेन, इटली दोनों हुई कैकेशिया पहुँचती है । यहाँ में हिमालय पर्वत के सहारे बर्मा तक जाती है । यहाँ में दक्षिण की तरफ मुड़कर दक्षिण पूर्वी द्वीप में जाकर



प्रशान्त महासागराग पटों में मिल जाती है। यह मेखला मुख्य रूप से अल्पाइन-हिमालय पर्वत श्रृंखला के सहारे चलती है। भूमध्य सागर के ज्वालामुखी भी इसी पटों में सम्मिलित किये जाते हैं। अगर हम आन्ध्रमहासागर के ज्वालामुखियों की अलग मेखला में रखें तो मध्यवर्ती पटों का प्रारम्भ कनारी द्वीप से पूर्व की तरफ घघघनना चाहिए। भूमध्य सागर के प्रसिद्ध ज्वालामुखी स्ट्राम्बोली, विमुवियस, एटना तथा एजियन सागर के ज्वालामुखी इस मेखला के महत्वपूर्ण अंग हैं। इनके अलावा ईरान का हेमबन्द, कोहमुल्तान, काबेश का एलबुर्ज, अरभीनिया का अरारात तथा बलूचिस्तान के ज्वालामुखी महत्वपूर्ण हैं।

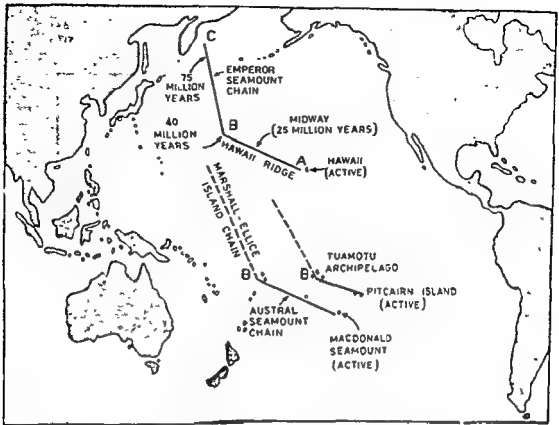
मध्य महाद्वीपीय ज्वालामुखियों की स्थिति पर यदि ध्यान दिया जाय तो यह स्पष्ट हो जाता है कि इनका वितरण समान नहीं है। खास कर आल्प्स तथा हिमालय के सहारे इनमें पर्याप्त मध्यान्तर पाया जाता है। इसका मुख्य कारण इन पर्वतों के आम-पान के क्षेत्रों में अत्यधिक दबाव के कारण भूपटल की बनावट में सघनता का होना है। इस कारण मैग्मा केवल उत्क्रम सतह (Thrust Plane) के सहारे ही धरातल के ऊपरी भाग तक आ सकता है। यूरोप के अधिकांश ज्वालामुखी मीडियन मास के सहारे पाये जाते हैं। भूमध्य सागर के ज्वालामुखी इनके प्रमुख उदाहरण हैं। परन्तु एशिया का मीडियन मास (तिब्बत का पठार) ज्वालामुखी से रहित है। इसका प्रमुख कारण पठार की अत्यधिक ऊँचाई का होना ही बताया जा सकता है। यह बात ध्यान देने योग्य है कि ज्वालामुखी प्रायः पतली एवं कमजोर पपड़ी वाले भागों में पाये जाते हैं।

अफ्रीका के ज्वालामुखी भी कम महत्वपूर्ण नहीं हैं। प्रायः ऐसा माना जाता है कि दरार घाटियों तथा भूभ्रंश घाटियों के सहारे ज्वालामुखी अवश्य पाये जाते हैं क्योंकि दरार के कारण भूपटल काफी कमजोर हो जाता है। परन्तु यह सदैव आवश्यक नहीं है। अफ्रीका की रिफ्ट घाटी के सहारे सर्वत्र ज्वालामुखी नहीं पाये जाते हैं। टान्गानिका झील अत्यधिक गहरी बेसिन में से एक है पर यहाँ पर ज्वालामुखी के कोई चिह्न नहीं मिलते हैं। यहाँ पर वितरण यद्यपि एक निश्चित दिशा में नहीं बताया जा सकता है तथापि औसत रूप में ज्वालामुखी पूर्व-पश्चिम दिशा में पाये जाते हैं। यहाँ के प्रमुख ज्वालामुखी तथा ज्वालामुखी पर्वत किलोमन्जारो, मेक एल्गन, बिस्त्वा तथा रंगबी हैं। पश्चिमी अफ्रीका

का एकमात्र जायज ज्वालामुखी केवर्टन पर्वत है। उत्तरी अफ्रीका के रेगिस्तानी भागों में हाल ही में कई ज्वालामुखी शत्रु तथा कैंटर देखे गये हैं।

(iii) मध्य अटलाण्टिक मेखला या महासागरीय कटक-ज्वालामुखी मध्य महासागरीय कटक (mid-oceanic ridges) के सहारे दो प्लेटों का अपसरण (divergence) होता है जिस कारण कटक के सहारे दरार या भ्रंशन का निर्माण होता है। इस भ्रंशन का प्रभाव क्रस्ट के नीचे दुर्बलतामण्डल (asthenosphere) तक होता है। दुर्बलता मण्डल से पेरिडोटाइट तथा बेसाल्ट मैग्मा ऊपर उठते हैं। जब गर्म पेरिडोटाइट दुर्बलता मण्डल से ऊपर उठकर विपरीत दिशाओं की ओर गतिशील प्लेट के बीच निर्मित दरार में प्रविष्ट होती है तो ऊपर स्थित दबाव के कम होने के कारण वह ओर अधिक पिघल जाती है तथा बेसाल्ट लावा दरारी उद्भेदन के रूप में प्रकट होता है जो दो बराबर भागों में विभक्त होकर अपसरित (diverging) होते हुए प्लेटों के पिछले भागों में मलग्न हो जाता है, जहाँ वह शीतल होने पर जमकर नवीन क्रस्ट का निर्माण करता है। इस प्रकार प्रत्येक क्रमिक लावा प्रवाह के समय निस्तृत बेसाल्ट लावा कटक में दूर होता जाता है। स्पष्ट है कि कटक के पास नवीनतम लावा होता है तथा इससे (कटक से) जितना दूर हटते जाते हैं, लावा उतना ही प्राचीन होता जाता है (विशेष विवरण के लिए देखिये इस पुस्तक के अध्याय अठारह प्लेट विवर्तनिकों का शीर्षक 'प्लेट टेक्टॉनिक्स तथा ज्वालामुखी-क्रिया')। इस तरह की ज्वालामुखी-क्रिया सबसे अधिक मध्य अटलाण्टिक कटक के सहारे होती है। इस मेखला की समस्त ज्वालामुखी-क्रिया तथा दरारी उद्भेदन दृश्य नहीं हैं क्योंकि अधिकांश क्रियाएँ जल के आवरण के नीचे होती हैं। आइसलैण्ड ज्वालामुखी-क्रिया का सर्वाधिक महत्वपूर्ण सक्रिय क्षेत्र है। 1783 के लाकी उद्भेदन के बाद 1974 का हेक्ला तथा 1973 का हेल्गाफेल (Helgafell) उद्गार महत्वपूर्ण हैं। लैसर एण्टोस तथा बसिणी एण्टोस दक्षिणी आन्ध्र महासागर एवं एजोर द्वीप तथा सेण्ट हेलेना उत्तरी आन्ध्रमहासागर के प्रमुख ज्वालामुखी क्षेत्र हैं। मुद्गर २० प० में अ मायेन द्वीप पर सक्रिय ज्वालामुखी पाये जाते हैं।

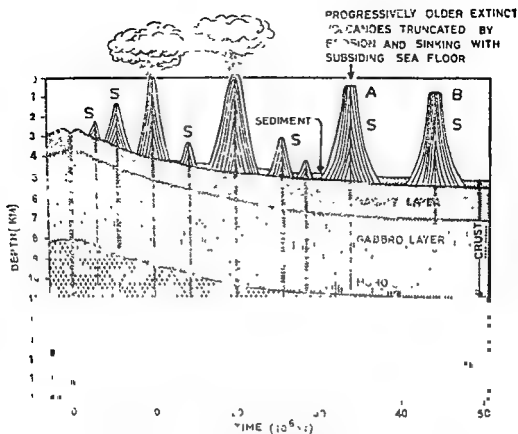
(iv) अन्तर प्लेट ज्वालामुखी (Intraplate/vulcanism) प्लेट-मीमाओं के अलावा प्लेट के अन्दर भी (चाहे महासागरीय प्लेट हो या महाद्वीपीय) ज्वालामुखी-



चित्र 144—प्रशान्त महासागरीय प्लेट पर ज्वालामुखी-कटक शृंखला (volcanic-ridge-chain) का प्रदर्शन। हवाई द्वीप, पिट्किन द्वीप तथा मैकडोनाल्ड द्वीप सक्रिय ज्वालामुखी केन्द्र हैं। तीन शृंखलाओं में प्रशान्त महासागरीय प्लेट की गति की दिशा तथा गति का बोध होता है। तीनों शृंखलाओं में जो मोड़ (B) पाया जाता है उससे प्रकट होता है कि यह दिशा परिवर्तन आज से 40 मिलियन वर्ष पहले हुआ था। ढोंग कानी रेखाएँ नवीन तथा खण्डित रेखाएँ प्राचीन शृंखलाओं को प्रदर्शित करती हैं। (K C Burke तथा J T Wilson, 1976, के अनुसार)।

क्रियाएँ होती हैं जिनके वास्तविक कारणों एवं उद्गार की प्रक्रियाओं के विषय में अभी तक मतभेद नहीं हो गया है। चित्र 144 में प्रशान्त महासागरीय प्लेट के अन्तर्गत ज्वालामुखियों की स्थिति दर्शायी गई है। इनमें एक प्रमुख शृंखला हवाई द्वीप में प्रारम्भ होकर लगभग ३०° ५०' दिशा में कमचटका तक चली गई है। स्मरणीय है कि हवाई द्वीप पर सक्रिय ज्वालामुखी पाये जाते हैं तथा इस द्वीप से जो शृंखला उत्तर-पश्चिम की ओर अग्रसर होती है उसमें हवाई द्वीप के केन्द्र से क्रमशः प्राचीन, शान्त (extinct) अपरदित तथा जलमग्न (submerged) ज्वालामुखियों का क्रम पाया जाता है (चित्र 145)। स्मरणीय है कि मात्र हवाई द्वीप पर ही

भूकम्प (ज्वालामुखी उद्भेदन द्वारा) आते हैं तथा सम्पूर्ण शृंखला (चित्र 144 में A से C तक) भूकम्प रहित है। इसी कारण इसे भूकम्प रहित कटक (aseismic ridge) कहते हैं। इस प्रकार यह कटक भूकम्प युक्त मध्य महासागरीय कटकों (seismic mid-oceanic ridges) में भिन्न है। इस तरह के भूकम्प रहित कटक प्रशान्त महासागर में अन्य स्थानों पर तथा अन्य महासागरों में भी पाये जाते हैं, परन्तु प्लेट विवर्तन मिडान के आधार पर इनका स्पष्टीकरण अभी तक नहीं हो पाया है। प्रिन्सटन विश्वविद्यालय के जेसन मॉर्गन (Jason Morgan) तथा टोरण्टो विश्वविद्यालय के टुजो विलसन (J. Tuzo Wilson) ने इस तरह के भूकम्प-



चित्र 145—अन्तरा प्लेट ज्वालामुखी का उद्गार तथा गतिशील प्लेट के द्वारा उनका स्थानान्तरण होने से उनका अपरदन, रुग्ण/शीर्षशाखा वर्तन (truncation चित्र 145 में A तथा B) तथा जन में मार-तली में अवतलन के कारण तिरोहित होना (चित्र 145 में S)। इन्हें ग्वायोट्स (guyots) कहते हैं। H W. Menard) 1969 के आधार पर।

रहित ज्वालामुखी कटकों की व्याख्या के लिए 'गर्म स्थल सकल्पना' (Concept of hot spots) का प्रतिपादन किया है। इनके अनुसार 'गर्म स्थल' मैग्मेटिक में उन 'गर्म पदार्थों' के झल जेट या पिच्छक (plumes) को प्रदैक्षित करते हैं जहाँ से 'गर्म तरल' मैग्मा ऊपर उठता है तथा स्थलमण्डल की भेद कर सतह पर ज्वालामुखी के रूप में प्रकट होता है। इस तरह का साधा का उध्वधिर प्रवाह (vertical flow) जेट के समान स्तम्भाकार प्राग (jet like columnar currents) के रूप में होता है तथा इनकी स्थिति सम्भवतः मैग्मेटिक में अचर (fixed) होती है तथा ये प्लेट के साथ गतिशील नहीं होते हैं। इस तरह मैग्मेटिक में अचल/अचर 'गर्म स्थल' के साथ का प्रवाह स्थल मण्डल पर होता है तथा इस तरह के ज्वालामुखी प्लेट के साथ भ्रमण करते हैं तथा 'गर्म स्थल'

में दूर हटते जाते हैं। इस प्रकार स्पष्ट है कि स्थिर 'गर्म स्थल' से कितना दूर हटते जाते हैं उतना ही ज्वालामुखी प्राचीन तथा गाल् (extinct) होते जाते हैं। उल्लेखनीय है कि यदि 'गर्म स्थलों' की स्थिति मैग्मेटिक में स्थिर (fixed) होती है तो प्लेट की गति तथा दिशा का परिवर्तन उन प्राचीन ज्वालामुखियों द्वारा की जा सकता है जो इन प्लेटों के साथ धीरे जाते हैं, अर्थात् जो ज्वालामुखी 'गर्म स्थलों' से दूर हटते जाते हैं। इस आधार पर यह परिकल्पित किया गया है कि हवाई द्वीप में कम-चटका तक विस्तृत 'गाल् ज्वालामुखी' तथा भूकम्प रहित कटक शृंखला के 'गर्म स्थल' (कमचटका के पास, चित्र 144) ज्वालामुखी (शान्त) 75 मिलियन वर्ष तथा मध्य (हवाई द्वीप तथा कमचटका के बीच) भाग के शान्त ज्वालामुखी 25 मिलियन वर्ष पुराने हैं।

महासागरीय प्लेटों के अलावा महाद्वीपीय प्लेटों के अन्तरिक भागों में भी ज्वालामुखी का खासकर दरारी उद्भेदन होता है। उदाहरण के लिए संयुक्त राज्य अमेरिका के उत्तरी-पश्चिमी भाग को प्रस्तुत किया जा सकता है, जहाँ पर एक दरार के सहारे मायोसिन युग में 100,000 घन किलोमीटर बेसाल्ट लावा का प्रवाह हुआ था जिसका 130,000 वर्ग किलोमीटर क्षेत्र में विस्तार हो जाने में वर्तमान कोलिम्बिया पठार का निर्माण हुआ है। इसी तरह क्रीटसियस युग में प्रायद्वीपीय भारत में दरारी उद्भेदन होने में 5,00,000 वर्ग किलोमीटर से अधिक क्षेत्र में बेसाल्ट लावा का प्रसार हुआ था। ब्राजील एवं परागुवे के पराना का निर्माण भी अन्तराप्लेट ज्वालामुखी से निस्सृत बेसाल्ट लावा के 7,50,000 वर्ग किलोमीटर क्षेत्र में प्रसार के कारण हुआ है। पूर्वी अफ्रीका के भूअश्रु पाटी क्षेत्र के ज्वालामुखी भी अन्तराप्लेट ज्वालामुखियों के उदाहरण हैं।

### ज्वालामुखी उद्गार की प्रक्रिया तथा कारण (Mechanisms and Causes of Vulcanism)

ज्वालामुखी के उद्गार की प्रक्रिया तथा कारणों की सम्पूर्ण जानकारी के लिए पाठकों को चाहिए कि हम पुस्तक के अध्याय तीन (पृष्ठों की आन्तरिक संरचना), भाग (प्लेट विवर्तनिकी का गोपक प्लेट टेक्टॉनिक्स तथा ज्वालामुखी-क्रिया) तथा प्रस्तुत अध्याय के अब तक प्रस्तुत विवरणों को एक साथ संयोजित कर देखें। पुनरावृत्ति से बचने के लिए इन्हें पुनः उद्धृत नहीं किया जा रहा है। ज्वालामुखी के वितरण से यह स्पष्ट हो गया है कि इनका सम्बन्ध धरातल के कमजोर स्थलों से है। मुख्य रूप से ज्वालामुखी-क्रियाएँ प्लेट किनारों के सहारे होती हैं परन्तु अन्तराप्लेट (intra-plates) ज्वालामुखी-क्रियाएँ भी होती हैं जिसका सम्बन्ध गर्म स्थलों (hot spots) या सक्रिय लावा स्रोत (plumes) से होता है। ज्वालामुखी उद्गार में निस्सृत लावा का तापमान 800° से 1100° से 1200° से अधिक होता है जिसमें स्पष्ट होता कि लावा का स्रोत अत्यन्त तप्त स्रोत से सम्बन्धित है। ज्वालामुखी गैसों में वाष्प (vapour) की अधिकता में प्रमाणित होता है कि ज्वालामुखी-क्रिया का भूपृष्ठीय जन्म में सम्बन्ध है। यदि मध्य महासागरीय कटक (रचनात्मक प्लेट किनारे), महासागरीय-महासागरीय प्लेटों तथा महासागरीय-महाद्वीपीय प्लेटों के अभिसरण मण्डल (Convergence zone, विनाशात्मक प्लेट किनारे) तथा अन्तराप्लेट (या तो महासागरीय या महा-

द्वीपीय प्लेट) के ज्वालामुखियों में निस्सृत लावा को देखा जाय तो उनमें सघटन के दृष्टिकोण में पर्याप्त अन्तर होता है। इसमें स्पष्ट होता है कि या तो लावा का किसी विशिष्ट चट्टान मण्डल में सम्बन्ध नहीं है और अगर है तो यह अन्तर लावा के निर्माण एवं उसके ऊपर अवसर होते समय उत्पन्न हो जाता है।

सामान्य रूप में ज्वालामुखी-क्रिया क्रस्ट के नीचे अत्यधिक ताप की स्थिति (अध्याय 6), भूपृष्ठीय जल के रिस कर नीचे जाने पर ताप वाष्प (vapour) का जतन तथा मैग्मेटल में बेसाल्ट मैग्मा के पिघलने से सम्बन्धित है। जब कभी ऊपर स्थित क्रस्ट में दाबमुक्ति (pressure release) हो जाती है तो बेसाल्ट मैग्मा गैसों (खासकर वाष्प) के जोर से धरातल पर ज्वालामुखी के विभिन्न उद्गारों (बैन्द्रीय या दरारी) के रूप में प्रकट होता है। प्लेट विवर्तनिकी (1960) के पूर्व तथा अन्तर्राष्ट्रीय ऊपरी मैग्मेटल परियोजना (International Upper Mantle Project, 1965, 1970) के विवरणों की प्राप्ति के पूर्व ज्वालामुखी उद्गार के समय निस्सृत मैग्मा तथा लावा के स्रोतों (source regions) के विषय में या तो अटकलबाजी की जाती रही है या विभिन्न अवैज्ञानिक विचारों का बोझ वाला रहा। यथा स्थायी मैग्मा चेंबर (permanent magma chamber), स्थायी लावा सञ्चार तथा बँयोसिप लावा सञ्चार को ज्वालामुखी के उद्गार के समय लावा का आपूर्ति-क्षेत्र (supply regions) के रूप में बताया जाता रहा है।

वर्तमान समय में प्लेट विवर्तनिकी भूकम्प विज्ञान (अध्याय 6) तथा अन्तर्राष्ट्रीय ऊपरी मैग्मेटल परियोजना के परिणामों के आधार पर लावा तथा मैग्मा के स्रोत स्थलों की मुख्य वैज्ञानिक स्तर पर मूल्य दी गई है। प्रस्तुत विवरण उपर्युक्त परियोजना के विवरणों पर आधारित है। इन पुस्तक के विभिन्न अध्यायों (6, 8 तथा 11) में क्रस्ट, मैग्मेटल एवं कोर की मोटाई आदि के विषय में पाठकों को विरोधी विवरण (अलग-अलग) मिल सकते हैं। यह विषयता विभिन्न स्रोतों में प्राप्त विवरणों में अन्तर के कारण है। इतना अब सत्यापित हो गया है कि ज्वालामुखी-क्रिया का सम्बन्ध ऊपरी मैग्मेटल से ही है।

पृष्ठीय का बाह्य मण्डल स्थल मण्डल (lithosphere) है जिसकी मोटाई 70 किमी. (45 मील) है तथा इसी मण्डल में महाद्वीपीय की स्थिति है। इसका सबसे ऊपरी भाग क्रस्ट कहा जाता है। इस मण्डल में भूकम्पीय तरंगें

तीव्र गति में ध्रमण करती हैं जिससे प्रमाणित होता है कि यह मण्डल ठोस है। यही मण्डल प्लेटों की प्रदर्शित करता है। क्रस्ट की मोटाई विभिन्न विवरण-स्थानों के आधार पर 30 किमी० (International Union of Geodesy and Geophysics के अनुसार) से 100 किमी० बतायी जाती है। महाद्वीपीय तथा महासागरीय क्रस्ट के रासायनिक तथा भौतिक संघटन (composition) में पर्याप्त अन्तर होता है। महाद्वीपीय क्रस्ट की रचना ग्रेनाइट तथा अन्य फेल्सिक (felsic, निलिकन 74 प्रतिशत में अधिक) चट्टानों से हुई है जबकि महासागरीय क्रस्ट में इस तरह की शैलों का सर्वथा अभाव है। महासागरीय नितल की रचना अधिकतर मैफिक (मैग्नेसियम तथा लौह अणु की अधिकता) बेसाल्ट तथा गैब्रो ग्रे हुई है। क्रस्ट का ऊपरी मैफिल से मोहो असम्बद्धता (Moho (m) discontinuity) में अलग हो जाता है जिसके नीचे दुर्बलता मण्डल (asthenosphere) होता है। यह मण्डल आशिक रूप में (1 से 10 प्रतिशत भाग) पिघली अवस्था में है क्योंकि इस मण्डल में भूकम्पीय लहरों की गति कम हो जाती है। इस मण्डल में भूकम्पीय लहरें पृथ्वी के अन्य मण्डलों की तुलना में सर्वाधिक दुर्बल होती हैं। प्रयोगशाला परीक्षण से ज्ञात हुआ है कि एस्थेनोस्फीयर (दुर्बलता मण्डल) खेदित-तरल (crystalline-liquid) का सम्मिश्रण है। 70 किमी० की गहराई की सीमा पर गलन (melting) प्रारम्भ होती है। इस तरह इस सीमा (जिसे solidus कहते हैं) के ऊपर पूर्णतया ठोस स्थलमण्डल है तथा नीचे अर्द्धगलित (semi-melt) एस्थेनोस्फीयर है। यही अर्द्ध गलित मण्डल बेसाल्ट मैग्मा का प्रमुख स्रोत है। इस मण्डल (asthenosphere) का सम्भवतः विस्तार धरातलीय सतह (सागर-तल में) में 70 किमी० से प्रारम्भ होकर नीचे तक 250 किमी० (155 मील) तक उताया जाता है। इस मण्डल के नीचे शैल पुनः ठोस हो जाती है।

स्पष्ट है कि क्रस्ट में फेल्सिक शैलों की बहुलता है जबकि उसके नीचे एस्थेनोस्फीयर की रचना अधिकतर अल्डुमैफिक (मैफिक की तुलना में सिलिका कम परन्तु फेर्रोमैग्नेसियम खनिज अधिक) से हुई है। पृथ्वी की क्रस्ट की रचना में सबसे अधिक योगदान बेसाल्ट (सभी शैलों का 40 प्रतिशत) का होता है। बेसाल्ट ज्वालामुखी-क्रिया से निर्मित शैलों में सर्वाधिक महत्वपूर्ण होती है। यह बेसाल्ट एस्थेनोस्फीयर का पिघला भाग होती है। अपनी मैफिल में पेरिडोटाइट की बहुलता होती है (यह

अल्ट्रापेफिक शैल है) जिसका ऊपर उद्गार (द्रव रूप में) होने से वेसाट लावा का निर्माण होता है। इस तरह मध्य महासागरीय कटकों के सहारे होने वाली ज्वालामुखी-क्रिया का लावा एम्बेनोस्फीयर की आशिक पिघली पेरिडोटाइट शैल में पाम होता है। महाद्वीपीय भागों पर मिलने वाले फेल्सिक लावा का स्रोत अलग होता है। स्मरणीय है कि महासागरीय नितल में फेल्सिक क्रस्ट अनुपस्थित है। इस फेल्सिक लावा के निम्न स्रोत तथा उत्पत्ति की प्रक्रिया बतायी जा सकती है—(i) महाद्वीपीय ग्रेनाइट शैल के पुनः पिघलने से, या (ii) महाद्वीपीय ग्रेनाइटिक शैल के विघटन तथा त्रिजोन होने से प्राप्त अवशेषों का महाद्वीपीय किनारों के पाम सागर-नितल में जमाव तथा उनके पुनः पिघलाव से। इस तरह की स्थिति महाद्वीपीय-महासागरीय प्लेटों के अभिसरण मण्डल (convergence zones) के पाम होती है, जहाँ पर महाद्वीपीय प्लेट क्षेपण (subduction) के कारण महासागरीय प्लेट के नीचे जाकर अत्यधिक ताप के कारण पिघल जाता है तथा फेल्सिक मैग्मा में बदल जाता है जो उद्गार होने पर फेल्सिक लावा बन जाता है।

माराश के रूप में यह प्रतिपादित किया जा सकता है कि क्रस्ट के नीचे एस्थेनोस्फीयर आशिक पिघली अवस्था में है जहाँ से लावा की आपूर्ति होती है। ज्वालामुखी-क्रिया के लिए सबसे आवश्यक दशा, अव, (लावा स्रोत की समस्या का निदान हो जाने पर) ऊपर स्थित दबाव के कम होने की है। इस समस्या का निदान भी प्लेट टेक्टॉनिक्स सिद्धान्त द्वारा हो गया है। अब, ज्वालामुखी के उद्भेदन की प्रक्रिया के लिए पाठकों को चाहिए कि वे इस पुस्तक के अध्याय 8 के शीर्षक 'प्लेट टेक्टॉनिक्स एवं ज्वालामुखी-क्रिया' को देखें। चित्र 146 तथा 147 द्वारा विभिन्न स्थितियों में ज्वालामुखी-क्रिया तथा उसमें निस्सृत लावा का प्रदर्शन किया गया है।

ज्वालामुखी-क्रिया द्वारा निर्मित स्थलाकृति (Topography Produced by Vulcanicity)

ज्वालामुखी उद्गार द्वारा निर्मित स्थलरूप स्थायी रूप वाले नहीं होने हैं क्योंकि प्रत्येक उद्भेदन के साथ उनकी शकल रचना तथा अन्य रूपों में परिवर्तन होता रहता है। खासकर यह परिवर्तन विस्फोटक रूप में (Vulcanian and Pelecan types) उद्गार होने में होता है। ज्वालामुखी क्रिया द्वारा निर्मित स्थलाकृतियाँ लावा



तथा विखण्डित पदार्थ के अनुपात तथा उनकी मात्रा एवं उनके गुणों पर आधारित होती हैं। जब विस्फोटक उद्गार होता है तो विखण्डित पदार्थ तथा ज्वालामुखी धूल अधिक होती है, फलस्वरूप-विस्फोट-छिद्र (Explosion vent) तथा राख शंकु या मिडर कोन (Ash or cinder cones) की रचना होती है। जब उद्गार शान्त रूप में होता है तो लावा की अधिकता के कारण लावा पठार तथा लावा गुम्बद एवं लावा मैदान की रचना होती है। चूँकि ज्वालामुखी-क्रिया का क्षेत्र धरातल के नीचे तथा बाहर दोनों तरफ होता है, अतः ज्वालामुखीय स्थलरूपों को दो वर्गों में विभाजित किया जा सकता है—बाह्य स्थलरूप तथा आन्तरिक स्थलरूप। विशद रूप में ज्वालामुखी-निमित्त स्थलरूपों को निम्न रूप में विभाजित किया जा सकता है।

### 1. बाह्य स्थलाकृति (Extrusive topography)

अ—केन्द्रीय विस्फोट द्वारा निमित्त स्थलरूप—

1—ऊँचे उठे भाग

2—नीचे धँसे भाग

ब—धरारी उद्गार द्वारा निमित्त स्थलरूप—

1—लावा पठार तथा लावा गुम्बद

2—लावा मैदान

### 2. आन्तरिक स्थलाकृति (Intrusive Topography)

1. आन्तरिक लावा गुम्बद

2. बैगोनिय

3. लैकोनिय

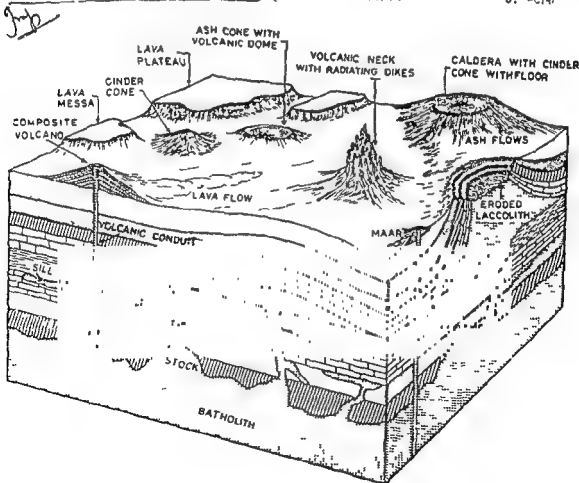
4. फँकोनिय

5. मोपोनिय

6. मिल

7. डाइक

8. स्ट्राक



## 1. बाह्य स्पलाट्टित (Extrusive topography)

(अ) केन्द्रीय विस्फोट द्वारा—केन्द्रीय उद्गार द्वारा तीव्र गति तथा वाष्प, पर्याप्त लावा तथा विखण्डित पदार्थों के साथ प्रकट होती है। इन पदार्थों के जमाव से अनेक प्रकार के शंकुओं की रचना होती है। इन्हें ऊँचे उठे भाग कहते हैं। इनके अलावा विस्फोट के समय ज्वालामुखी का कुछ भाग उड़ जाता है या नीचे धँसकर जाता है। इस प्रकार बने आकारों में क्रेटर तथा काल्डेरा कोन प्रमुख हैं। इन्हें धँसे हुए भाग कहते हैं।

(1) सिण्डर शंकु—सिण्डर कोन प्रायः कम ऊँचे शंकु होते हैं, जिनके निर्माण में ज्वालामुखी धूल का राख एवं विखण्डित पदार्थों का ही महयोग रहता है। सर्वप्रथम गैस के उद्गार के साथ ये पदार्थ छोटे आकार में छानकर चीटी के ढेर (Ant-mounds) के रूप में एकत्रित होकर शंकु का प्रारम्भिक रूप देते हैं तथा प्रारम्भ में इनकी ऊँचाई कुछ इंच के कुछ फीट तक ही होती है। धीरे-धीरे निस्सृत पदार्थों का एकत्रीकरण होता रहता है तथा शंकु का आकार बढ़ता जाता है। यहाँ यह ध्यान देने योग्य बात है कि सिण्डर शंकु के निर्माण में तरल पदार्थों का योग नहीं रहता है। यहाँ तक कि विखण्डित पदार्थ उस स्थान पर पाई जाने वाली चट्टान के ही टुकड़े होते हैं (चूना का पत्थर, बालुका पत्थर गैल या कोई भी चट्टान) तथा आग्नेय गैल से इनका सम्बन्ध नहीं भी हो सकता है। इन चट्टानी टुकड़ों को सिण्डर या राख कहते हैं। इसी आधार पर इनमें निमित्त शंकु को सिण्डर कहा जाता है। कभी-कभी इनके विस्तार एवं वृद्धि की गति इतनी तीव्र होती है कि एक हफ्ते के अन्दर इनकी ऊँचाई 400 फीट हो जाती है। इटली में नेपल्स के पश्चिम में माउण्ट नेबो के 1937 के उद्गार के कुछ ही दिन बाद 430 फीट ऊँचे शंकु का निर्माण हो गया था। अधिकांश सिण्डर कोन का ढाल क्रेटर से सतह की तरफ अवतन (Concave) होता है तथा इनका ढाल  $30^\circ$  में  $45^\circ$  का होता है। बड़े-बड़े विखण्डित पदार्थ क्रेटर के पास  $40^\circ$ - $45^\circ$  के ढाल पर होते हैं तथा महीन पदार्थ जैसे राख आदि सतह के पास क्रेटर से दूर होते हैं। इस शंकु का निर्माण असंगठित (डीले) तथा बड़े-बड़े (जल के लिये प्रवेग्य) टुकड़ों से होता है तथा अपरदन के बाद भी इनका मौलिक रूप सदियों तक नष्ट नहीं होता है। मेक्सिको का ओरेस्त्रो, सान माल्तेडोर का माउण्ट इजाल्को, फिनीपाइन के

मुजोन द्वीप का कैमिनिन ज्वालामुखियों के शृं-निश्चित रूप में सिण्डर शंकु के उदाहरण हैं।

(ii) कम्पोजिट शंकु—कम्पोजिट शंकु सभी प्रकार के शंकुओं में ऊँचे होते हैं। इनका निर्माण विभिन्न प्रकार के निस्सृत ज्वालामुखी पदार्थों के क्रमशः तह के रूप में जमा होने से होता है, इस कारण कभी-कभी इनको परतदार शंकु (Strato-cones) कहते हैं। विश्व के अधिकांश उच्चतम, अत्यधिक मुड़ीय तथा बड़े-बड़े ज्वालामुखी पर्वत कम्पोजिट शंकु के प्रमुख उदाहरण प्रस्तुत करते हैं। उदाहरण के लिये, सयुक्त राज्य अमेरिका का शस्ता, रेनियर तथा हुट, फिनीपाइन का मेयान तथा जापान का फूजीयामा आदि प्रस्तुत किये जा सकते हैं। इन शंकुओं का निर्माण लावा तथा विखण्डित पदार्थों की परत से वारी-वारी में जमा होने से होता है। इस प्रकार लावा विखण्डित पदार्थों के मगडन में संयोजक नन्व का कार्य करता है। कभी-कभी उद्गार के कारण शंकु में दरार या फटन (Cracks) पड़ जाती है तथा लावा उनमें प्रविष्ट होकर डाइक की रचना करता है। यह डाइक शंकु के स्थायित्व में शक्ति प्रदान करती है तथा अपरदन के लिये अवरोधक का कार्य करती है। ज्वालामुखी से निस्सृत प्रायः हर तरह के पदार्थ इस शंकु में सम्मिलित होते हैं तथा धरातल से शंकु का ढाल  $35^\circ$  से  $40^\circ$  तक होता है। यदि इस शंकु का ऊपरी भाग लावा से ढका होता है तो अपरदन अधिक नहीं हो पाता है पर यदि ऊपरी भाग असंगठित विखण्डित पदार्थों से आवृत होता है तो अपरदन भीघ्न हो जाता है। इस मिश्रित शंकु भी कहते हैं।

(iii) परिपोषित शंकु—(Parasite Cone)—जब ज्वालामुखी शंकु का अत्यधिक विस्तार हो जाता है तो उसमें फटन हो जाने के कारण ज्वालामुखी की मुख्य श्रेणी या नली में छोटी-छोटी उप-नालियाँ निकल आती हैं। मुख्य शंकु के निचले भाग पर इन उप-नालियों में लावा आदि पदार्थ निकलने लगते हैं तथा उनके जमाव होने में मुख्य शंकु पर छोटे-छोटे अन्य शंकुओं का आविर्भाव होता है। कभी-कभी इनका आकार इतना बड़ जाता है कि ये मुख्य शंकु के बराबर नहीं तो करीब-करीब बराबर हो जाते हैं। चूंकि इन शंकुओं की नली का पोषण (Feeding) ज्वालामुखी की मुख्य नली में होता है, अतः इन्हें परिपोषित शंकु (Parasite or Lateral or Adventive cone) कहते हैं। शस्तिया



शंकु, गाउण्ट शरत्ता (समुक्त राज्य का) एक परिपोषित शंकु ही है।

#### (iv) पैठिक लावा शंकु (Basic Lava Cone)—

जब लावा काफी हल्का तथा पतला होता है एवं सिलिका की मात्रा कम होती है तो लावा अधिक दूर तक फैलने के बाद जमता है। इस कारण एक नये स्थान पर कम ऊँचे शंकु का निर्माण होता है। इसका आकार शील्ड की तरह होता है, अतः इसे शील्ड शंकु भी कहा जाता है। चूँकि इसकी रचना बेसाल्ट लावा में होती है, अतः इसको बेसिक या पैठिक लावा शंकु कहते हैं। इस तरह के शंकु को हवाला तरह के शंकु भी कहते हैं।

(v) एसिड लावा शंकु—जब उद्गार में निस्सृत लावा काफी गाढ़ा तथा चिपचिपा (Viscous) होता है एवं सिलिका की मात्रा अधिक होती है तो लावा ज्यों ही प्रवाह पर प्रकट होता है उसी समय शीघ्रता में ठंडा होकर जम जाता है। अतः इसको फैलने का समय नहीं मिल पाना है। फलस्वरूप तीव्र ढाल वाले (Steep slope) ऊँचे शंकु का निर्माण होता है। इस स्ट्राम्बोली प्रकार का शंकु भी कहते हैं।

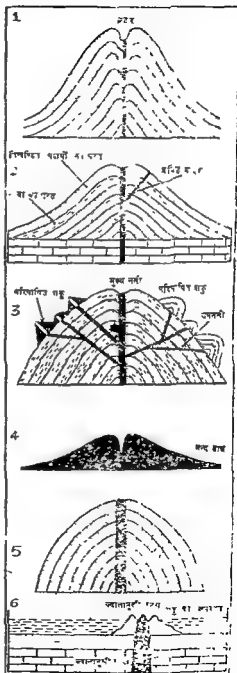
(vi) लावागुम्बद—लावा गुम्बद प्रायः शील्ड शंकु का ही रूप होता है। अन्तर केवल इतना ही होता है कि गुम्बद, शंकु से विस्तृत होता है। इसका ढाल अधिक होता है। लावा गुम्बद का निर्माण ज्वालामुखी-छिद्र के चारों तरफ लावा के जमाव से होता है। उत्पत्ति के अनुसार तथा निर्माण-स्थान के आधार पर लावा गुम्बद को तीन भागों में विभाजित किया जाता है।

अ—डॉट गुम्बद (Plug Dome)—जब लावा के जमाव से ज्वालामुखी का मुख्य छिद्र (Vent) भर जाता है तो उसे डॉट या प्लग कहते हैं। बाद में लावा के विस्तार के कारण प्लग पर लावा का जमाव होता रहता है तथा उमवा आकार बृद्ध कर गुम्बद के रूप का हो जाता है। अपरदन के बाद गुम्बद का अवशेष अवरोधक (Resistant) होने के कारण धरातल पर दिखाई पड़ता है।

#### ब आन्तरिक गुम्बद (Endogenous Dome)—

जब लावा में सिलिका की मात्रा अधिक होती है तथा लावा गाढ़ा होता है तो वह ज्वालामुखी-छिद्र के आस-पास ही तथा कभी-कभी छिद्र पर ही शीघ्रता से छोटे गुम्बद के रूप में जम जाता है। इसका ढाल अत्यधिक तीव्र होता है। चूँकि लावा अधिक दूर तक न फैलकर छिद्र पर ही जम जाता है, इसलिये ऊपरी वृद्धि रुक जाती

है। जब नीचे से लावा का सहयोग मिलता है तो पुनः यह गुम्बद ऊपर की तरफ जाकर में विस्तृत होने लगता है। इसी तरह के गुम्बद की रचना कभी-कभी मिश्रित शंकु (Composite Cone) के क्रेटर में भी होती है।



चित्र 149—1 शील्ड शंकु, 2 मिश्रित शंकु, 3. परिपोषित शंकु, 4. पैठिक लावा शंकु, 5. एसिड लावा शंकु तथा 6. ज्वालामुखी प्लग।

इस तरह के एक गुम्बद का निर्माण 1902 ई० में माउण्ट पीली के क्रेटर में हुआ था। इस गुम्बद के कारण छिद्र का मार्ग अवरोध हो जाने में भयंकर वैश्वीय उद्गार हुआ था। सारकुआइ रिपूनियन (Arabian Sea) के अधिकांश ज्वालामुखी-गुम्बद इसी प्रकार के हैं।

**स—बाह्य गुम्बद (Exogenous Domes)**—जब लावा में सिलिका की मात्रा कम होती है एवं लावा पतला होता है तो अत्यधिक लावा-प्रवाह के कारण लावा का जमाव गुम्बद के आकार का हो जाता है परन्तु इसका ढाल आन्तरिक गुम्बद की अपेक्षा बहुत कम होता है। (6° में 8° के बीच)। वास्तव में ये गुम्बद बेसिक लावा शंकु या शील्ड शंकु के ही विस्तृत रूप होते हैं। हवाई द्वीप में इस तरह के अनेक गुम्बद पाये जाते हैं—इनमें से मोना लोआ गुम्बद सबसे ऊँचा है, जो कि सागर तल से 14000 फीट ऊँचा तथा व्यास में 70 मील चौड़ा है। इसके बगल में किलजुआ गुम्बद है जो कि सागर तल से 4000 फीट ऊँचा है।

**(vii) लावा डाट (Lava Plug)**—जब मिश्रित शंकु वाले ज्वालामुखी शान्त हो जाते हैं तो उनकी नली तथा छिद्र ठोस लावा से भर जाते हैं। जब शंकु अपरदन द्वारा नष्ट हो जाता है तो नली में जमा डाट या प्लग दीवाल का तरह दिखाई पड़ता है। इस प्रकार जब प्लग से पूरी नली भर जाती है तो उसे ज्वालामुखी-धोवा (Volcanic neck) कहते हैं। एक औसत ऊँचाई की धोवा 2000 फीट की ऊँचाई तक पाई जाती है। इस तरह के अनेक उदाहरण सयुक्त-राज्य अमेरिका के व्युमि-जिसको प्रान्त के माउण्ट टेलर जिले में पाये जाते हैं। ज्वालामुखी धोवा का व्यास 1000 में 2000 फीट तक हो सकता है तथा इसका आकार बेननाकार होता है। क्लैक हिल्स तथा डेविल टावर इनके प्रमुख उदाहरण हैं। जिस प्रकार बोटल को बन्द करने के लिये कार्क का प्रयोग होता है उसी प्रकार ज्वालामुखी के छिद्र के भर जाने से बने आकार को ज्वालामुखी कार्क या डाट (Plug) कहते हैं।

**2. निचले भाग (Depressed Forms)**—वैश्वीय उद्गार द्वारा निर्मित निचले अथवा घँसे भागों में क्रेटर तथा काल्डेरा प्रमुख हैं।

**(i) क्रेटर**—ज्वालामुखी के छिद्र (Vent) के ऊपर स्थित गर्त को क्रेटर या ज्वालामुखी का मुख कहते हैं। प्रायः क्रेटर कोषाकार (Funnel shaped) होते हैं जिनका ढाल उस शंकु पर आधारित होता है जिनमें

उनका निर्माण होता है। उदाहरण के लिये मिण्डर शंकु के अन्दर बने क्रेटर का ढाल 25° में 30° के बीच होता है। जैसे-जैसे शंकु का विस्तार होता जाता है, उसके क्रेटर का आकार भी बढ़ता जाता है। काल्डेरा तथा क्रेटर में महान् अन्तर होता है। काल्डेरा क्रेटर में बहुत अधिक विस्तृत होता है। एक औसत क्रेटर का विस्तार 1000 फीट तथा गहराई 1000 फीट के लगभग होती है। परन्तु क्रेटर के अकार में भी महान् अन्तर पाया जाता है। छोटे-छोटे क्रेटरलेख से लेकर (जिनका व्यास कुछ मी फीट तक ही होना है) बड़े बड़े क्रेटर जिनका व्यास कई मील होता है तक पाये जाते हैं। अलास्का (सयुक्त-राज्य) के प्रशान्त (Extinct) ज्वालामुखी एनियारुच का क्रेटर व्यास में 6 मील लम्बा है तथा उसकी दीवारों की ऊँचाई 1200 फीट में 3000 फीट तक है। यू.एस.ए. (U S A) की लेक बो क्रेटर का उदाहरण मान लिया जाय तो यह एक विस्तृत क्रेटर का उदाहरण है जिसकी दीवारें 4000 फीट तक ऊँची हैं। परन्तु अधिकांश विद्वान् उसे काल्डेरा मानते हैं क्रेटर में जब जल भर जाता है तो क्रेटर झील की रचना होती है।

जब किसी ज्वालामुखी के क्रेटर का पर्याप्त विस्तार हो जाता है तथा पुनः जब ज्वालामुखी का उद्गार छोटे पैमाने पर होता है तो क्रेटर के अन्दर छोटे शंकुओं पर कई क्रेटर बन जाते हैं। इस प्रकार एक निरन्तर क्रेटर के अन्दर कई छोटे-छोटे क्रेटर पाये जाते हैं। इस प्रकार की आकृतिक को घोंसनादार क्रेटर (Nested crater) या सामूहिक क्रेटर कहते हैं। फिलीपाइना द्वीप के माउण्ट ताल ज्वालामुखी के क्रेटर में तीन क्रेटर पाये जाते हैं। इसी प्रकार प्रायद्वीप में विस्वियस ज्वालामुखी में तीन क्रेटर तथा एटना में दो क्रेटर हैं। इस प्रकार के क्रेटर का निर्माण तभी हो सकता है जबकि बाद वाले ज्वालामुखी-उद्गार प्रथम उद्गार में तीव्रता में कम हो तथा यह तीव्रता क्रमशः घटती जानी चाहिए। अन्यथा यदि दूसरा उद्गार प्रथम के प्रबल होगा तो समूचा क्रेटर ही नष्ट हो जायेगा।

कभी-कभी पुराने ज्वालामुखी शंकु के ढाली तथा परिपोषित शंकुओं (Parasite cones) में भी मुख्य क्रेटर के अलावा अन्य क्रेटर पाये जाते हैं। जब प्राचीन शंकु में पटन या दरार (Cracks or fractures) हो जाती हैं तो उनमें सहज गैस आदि निकलकर भयंकर उद्भेदन के माध्यम क्रेटर का निर्माण करती है। ऐसे क्रेटर को आश्रित क्रेटर (Adventive crater) कहते हैं।

(ii) काल्डेरा—क्रैटर का विस्तृत भाग ही काल्डेरा कहा जाता है। परन्तु काल्डेरा शब्द का प्रयोग सभी विद्वानों द्वारा एक ही अर्थ के लिए नहीं किया जाता है। काल्डेरा के निर्माण के विषय में दो प्रमुख सक्ल्प-नायें हैं। प्रथम सक्ल्पना के अनुसार काल्डेरा ज्वालामुखी-क्रैटर का विस्तृत रूप होता है, जो चारों तरफ से दीवारों से घिरा होता है। जब क्रैटर का धँसाव (Subsidence) होता है तो उसका पर्याप्त विस्तार हो जाता है। इस प्रकार काल्डेरा का निर्माण पूर्ण रूपेण क्रैटर के नीचे धँसने में होता है। इस मत का प्रतिपादन संयुक्तराज्य अमेरिका के भूगर्भिक सर्वेक्षण विभाग ने किया है। इस मत के समर्थकों का कहना है कि जापान का आमी क्रैटर तथा संयुक्तराज्य का क्रैटर-लैक निश्चय ही धँसाव के कारण बन है। उन्होंने हवाई द्वीप के काल्डेरा को भी उदाहरण के रूप में प्रस्तुत किया है।

द्वितीय सक्ल्पना के अनुसार काल्डेरा की रचना क्रैटर के धँसाव से न होकर ज्वालामुखी के विस्फोटक उद्भेदन से होती है। डेलो महोदय इस मत के प्रमुख प्रवक्ता है। इन्होंने बताया है कि धँसाव के कारण बनी आकृति को 'ज्वालामुखी गर्त' (Locanic sinks) कहते हैं। इस मत के पक्ष में कई प्रमाण उपस्थित किये गये हैं। उदाहरण के लिये जब ज्वालामुखी का क्रैटर के निर्माण के बाद भयंकर विस्फोट होता है तो उसके अवशेष भाग ज्वालामुखी राख, एव विखण्डित पदार्थ के रूप में आम-पाम एव अधिक दूर तक जमा हो जाते हैं। अगर काल्डेरा का निर्माण क्रैटर के धँसाव में होता तो उसके आस-पास उस शकु में सम्बन्धित अवशेष भाग नहीं मिलने चाहिए। परन्तु प्रायः यह देखा गया है कि काल्डेरा के आस-पास ही नहीं उससे कई मील दूर तक उस शकु के अवशेष पदार्थ पाये गये हैं। उदाहरण के लिये क्रैटर लेक के उत्तर-पूर्व में मुख्य ज्वालामुखी से 80 मील की दूरी पर एक इंच व्यास वाले विखण्डित पदार्थ पाये जाते हैं। इसी प्रकार कनाडोआ के विस्फोट के समय बारीक राख के लाखों टन हजारों मील की दूरी पर बिछा दिये गये थे। इसी प्रकार विमूवियम के 79 ई० के विस्फोट तथा कटमई (अलास्का) के 1912 के विस्फोट से अधिकांश पदार्थ आम-पाम के क्षेत्र में फैला दिये गये थे।

इस प्रकार काल्डेरा के निर्माण के विषय में दो विपरीत मत प्रचलित हैं, परन्तु वर्तमान पर्यवेक्षणों तथा

प्रमाणों के आधार पर यही मत प्रवीत होता है कि काल्डेरा का निर्माण विस्फोटक उद्गार से ही होता है। काल्डेरा का व्यास, क्रैटर तथा ज्वालामुखी-छिद्र में बहुत अधिक होता है। क्रैटर लेक काल्डेरा (ओरेगन प्रान्त, संयुक्त राज्य) की तली का व्यास 6 मील तथा दीवारों की ऊँचाई 4000 फीट तक है। अत्यधिक विस्तृत काल्डेरा को 'सुपर काल्डेरा' (दीर्घ काल्डेरा) कहते हैं। उत्तरी पश्चिमी मुमाता के 'बारिमन उच्चभाग' (Bansan Highlands) के शिखर पर स्थित 'लेक टोवा' सुपर काल्डेरा का प्रमुख उदाहरण है। इसका क्षेत्रफल 700 वर्ग मील तथा घनफल 300 घनमील है। इसके निर्माण के समय विस्फोट से प्राप्त पदार्थों का दूफ (Tuff—जल में ज्वालामुखी-राख एवं पदार्थों का जमाव) के रूप में उद्भाव कुछ शकु में 7000 वर्ग मील तक (मुमाता) में पाया जाता है तथा मलाया में इनके 5 से 20 फीट गहरे जमाव का पता लगाया गया है। जब काल्डेरा के अन्दर पुनः ज्वालामुखी उद्गार होता है तो नये शकु की रचना होती है। इन शकुओं के विस्फोटक बिनाश के कारण पुनः काल्डेरा के अन्दर काल्डेरा का निर्माण होता है। इसे घोंसलादार काल्डेरा (Nested caldera) कहते हैं।

ब-दरारी उद्गार वाली स्थलाकृति (Topography due to Fissure Eruption)—ज्वालामुखी के दरारी उद्भेदन में लावा एक लम्बी दरार के सहारे धरातल पर प्रकट होता है तथा तरल होने के कारण शीघ्रता से धरातल के ऊपर क्षैतिज रूप में फैल जाता है। आम-पाम के धरातलीय भाग पर लावा की मोटी या पतली (लावा की मात्रा तथा उसके गाढ़पन के अनुसार) चादर बिछ जाती है। लावा के क्रमिक प्रवाह के साथ लावा की अनक चादर (Lava sheets) का विस्तार हो जाता है तथा प्रत्येक लावा-वर्त की गहराई 20 फीट से 100 फीट तक होती है। इस प्रकार लगातार जमाव के कारण



चित्र 150—घोंसलादार काल्डेरा (Nested-Caldera)

लावा-पठार तथा लावा-मैदान का निर्माण होता है। इस प्रकार के विस्तृत पठार तथा मैदान संयुक्त राज्य अमेरिका, दक्षिणी अर्जेंटीना, ब्राजील, मोजम्बिक, मध्य पश्चिमी भारत, फ्रान्स, आइसलैण्ड, दक्षिणी अफ्रीका एवं साइबेरिया में पाये जाते हैं।

1. लावा पठार—लावा के दरारी प्रवाह के कारण हजारों फीट ऊँचे लावा पठार का निर्माण हो जाता है। उत्तरी-पश्चिमी संयुक्त राज्य का कोलम्बिया का पठार एक सैनिक नदी-क्षेत्र इस तरह के पठार के प्रमुख उदाहरण है। अकेले कोलम्बिया पठार पर 1,30,000 वर्ग किमी० (50,000 वर्ग मील) क्षेत्र पर 1,00,000 घन किमी० (25,000 घन मील) बेसाल्ट लावा या पठार लावा के निक्षेपण (मायोसीन युग में) के कारण लगभग 1.5 किमी० (एक मील) ऊँचे उच्चावच का निर्माण हुआ था। यह लावा का प्रवाह कई क्रमिक प्रवाहों के रूप में हुआ था जिनमें एक प्रवाह के समय 100 मोटर (300 फीट) मोटी लावा चादर का निर्माण हुआ था तथा लावा इतना तरल था कि अपने उद्गार के सतह से 60 किमी० की दूरी तक पहुँच गया था। यदि कोलम्बिया पठार तथा सैनिक घाटी क्षेत्र को समीक्षित रूप में लिया जाय तो लावा का विस्तार 5,16,000 वर्ग किमी० (2,00,000 वर्ग मील) क्षेत्र पर हुआ था तथा कुल निम्नृत लावा का आयतन 3,00,000 घन किमी० था। इसी तरह प्रायद्वीपीय भारत पर क्रोटीसियस युग में पठार लावा या बेसाल्ट लावा का 5,00,000 वर्ग किमी० (2,00,000 वर्ग मील) क्षेत्र पर प्रसार हुआ था जिस समय 7,00,000 घन किमी० लावा का उद्गार हुआ था। ब्राजील तथा पेरगुवे के पुराना पठार पर प्रारम्भिक जुरैसिक युग में 2,00,000 घन किमी० लावा के प्रवाह का 7,50,000 वर्ग किमी० (3,00,000 वर्ग मील) क्षेत्र पर विस्तार हो गया था। इस तरह बेसाल्ट लावा की कई परतों के जमाव से बृहत् लावा पठार का निर्माण होता है।

ग्रेट ब्रिटेन में इस तरह का प्रवाह ट्रिग्लियरी युग में हुआ था तथा अन्तरीय का लावा-पठार इसका प्रमुख उदाहरण है। आइसलैण्ड में लार्की ज्वालामुखी का 1783 ई० का दरारी उद्गार एक 20 मील (32 किमी०) लम्बा दरार से हुआ था जिससे लावा का विस्तार 218

वर्गमील या 7.5 या 12 घन किमी० लावा का प्रवाह हुआ था।

### युग

### लावा पठार का निर्माण

- 1 प्रारम्भिक जुरैसिक साइबेरिया, पेरगु घाटी (अर्जेंटीना), टर्मेन्गवर्ग (अफ्रीका), जम्बुजा (अफ्रीका) एवं तन्गानिया द्वीप।
- 2 ट्रिग्लियरी ब्रिटेन-आर्कटिक प्रायद्वीपीय भारत एवं मंगोलिया।
- 3 मायोसीन में वर्तमान पेटागोनिया, कोलम्बिया विन्टोरिया-बर्गोममैण्ड, किम्बरले (अफ्रीका) मोंगिया तथा आइसलैण्ड।

2 लावा मैदान—जब लावा का प्रवाह कम होता है तथा जब लावा पतला होता है तो दूर तक लावा की पतली चादर का विस्तार हो जाता है। इसे लावा मैदान कहते हैं। इसी प्रकार जब ज्वालामुखी का केन्द्रीय उद्गार होता है तो निम्नृत ज्वालामुखी-राख तथा धूल का जमाव दूर तक हो जाता है जिसमें ज्वालामुखी मैदान का निर्माण होता है।

3. मेसा<sup>1</sup> एक बुटी—दरारी उद्गार के समय लावा की चादर पुरानी चट्टानों पर बिछ जाती है। बाद में नदियों द्वारा इस क्षेत्र में कटाव होने से अनेक घाटियाँ बन जाती हैं। इन घाटियों की रचना तथा विकास पुरानी चट्टान में काफी गहरी तक होता है। परन्तु अपरदन का प्रभाव सर्वत्र नहीं होता है। जहाँ पर पुरानी शैल के ऊपर लावा की परत अवरोधक होती है वहाँ पर अपरदन नहीं हो पाता है। इस प्रकार लावा की पट्टी प्राचीन शैल के ऊपर टोपी के समान दिखाई पड़ती है। ऐसी आकृति को "लावा युक्त मेसा" (Lava capped mesa) कहते हैं। राकी पर्वत के पूर्व में बोमोरेडो प्रान्त की बेसाल्ट लावा युक्त "मेसा डी माया" तथा "राटन मेसा" इससे प्रमुख उदाहरण हैं। मेसा का आकार प्रायः लावा की कठोरता तथा अपरदन की मात्रा पर आधारित होता है। यदि पुरानी शैल के ऊपर अवरोधक लावा (Resistant lava) की मोटी चादर का विस्तार है तथा नदियों द्वारा अपरदन सीमित होता है तो मेसा काफी विस्तृत होती है तथा पठार के समान दृष्टिगोचर होती है।

1. मेसा (Mesa), स्पेनिक शब्द है जिसका तात्पर्य मेज (Table) होता है। वास्तव में यह आवृत्ति सपाट मेज की तरह दिखाई पड़ती है।

पश्चिमी मध्य कोलोरॅडो प्रान्त की 'ग्रान्ड मेसा' इनकी प्रमुख उदाहरण है। यह मेसा कोलोरॅडो नदी तथा गनी-सन नदी की घाटी से 5000 फीट ऊँची है।

'छोटा नागपुर पठार' के पश्चिमी पाट प्रदेश पर अनेक मेसा का निर्माण हुआ है जिन्हें स्थानीय भाषा में पाट (Pat) कहते हैं। अन्तिम क्रीटेशियस तथा ऊपरी मायोसीन युग में आर्कियन युग की ग्रेनाइट-नीस स्थलाकृति पर 152 मीटर (500 फीट) मोटी लावा सतह का जमाव हो गया तथा उत्तरी कोयल नदी एवं उसकी सहायक (अमानत, अमरान, बूदा आदि) ने निम्नवर्ती अपरदन द्वारा इस पाट प्रदेश को उप भागों में विभक्त कर रखा है जिन्हें पाट कहते हैं। इनका ऊपरी भाग सपाट तथा चौरा एव वन विहीन है किनारे घाटे भाग तीव्र ढाल वाले हैं जो नीचे जाने पर मन्द होते जाते हैं तथा साल के घने जंगलों से आच्छादित हैं। इन पाट या मेसा में प्रमुख हैं—जमीरा पाट (1142 मीटर), नेतरहाट पाट (1125), जर्दमार पाट (1099 मी०), पोखराडिह पाट (1077 मी०), बेलापाट (1070 मी०, सभी पालामऊ जिले में), खमार पाट (1068 मी०), पोखरा पाट (1100 मी०), रङ्गी पाट (1064 मी०), गड पाट (1063 मी०), बगड पाट (1057 मी०, राँची जनपद में) आदि। महाराष्ट्र का महाबलेश्वर पठार बृहत् मेसा का सर्व प्रमुख उदाहरण है। इसका पंचगनी टेबुल लैंड बेसाल्ट (लेटराइट) मेसा का खूबसूरत उदाहरण है।

जब नदियों द्वारा घाटी का विस्तार अधिक होने लगता है तथा अपरदन की मात्रा बढ़ जाती है तो मेसा का आकार छोटा होने लगता है। जब मेसा का आकार अत्यन्त छोटा हो जाता है तो नयी आकृति की रचना होती है। इसे बुटी कहते हैं। कभी-कभी लावा का प्रवेश ऊपर स्थित कमजोर शैल में लम्ब रूप में हो जाता है तथा जब अपरदन के बाद कमजोर शैल का अनावरण हो जाता है लम्ब रूप में प्रविष्ट लावा का ऊपरी भाग बुटी की तरह लगता है। ऐसे आकार को 'ज्वालामुखी बुटी' कहते हैं। न्यूमेक्सिको प्रान्त (संयुक्त राज्य) की 'शिपराक बुटी' इसका प्रमुख उदाहरण है। छोटा नागपुर पठार के पाट प्रदेश की मेसा का चारों तरफ से समानान्तर निवर्तन हो रहा

है। जहाँ पर पृष्ठ अपरदन (back wasting) द्वारा समानान्तर निवर्तन (Parallel retreat) होने से पाट या मेसा का विस्तार कम हो गया है, वहाँ पर बुटी या ब्यूट का निर्माण हुआ है।

2. आभ्यन्तरिक स्थलाकृति (Intrusive Topography)—जब ज्वालामुखी के उद्गार के समय गैस एव वाष्प की तीव्रता में कमी होती है तो लावा धारातल के ऊपर न आकर धारातल के नीचे ही दरारों आदि में प्रविष्ट होकर जमकर ठोस रूप धारण कर लेता है। इस प्रकार धारातल के नीचे बने स्थल रूप को आन्तरिक अथवा आभ्यन्तरिक स्थलरूप कहते हैं। इनमें प्रमुख हैं—बैथोलिथ, लैकोलिथ, लोपोलिथ, फंकोलिथ, डाइक, मित तथा शीट।

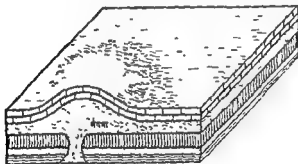


चित्र 151—बैथोलिथ

(1) बैथोलिथ<sup>1</sup>—बैथोलिथ लम्बे, असमान तथा उभरे हुये आग्नेय शैल के आकार होते हैं। ये प्रायः गुम्बद के आकार के होते हैं, जिनके किनारे काफी खड़े ढाल वाले होते हैं तथा आधार तल अधिक गहराई में होता है। अपरदन द्वारा इसका ऊपरी भाग दिखाई पड़ता है परन्तु इसका आधार (Base) कभी नहीं देखा जा सकता है। इसका ऊपरी भाग अत्यधिक असमान तथा ऊबड़ खाबड़ होता है। खामकर बैथोलिथ पर्वतीय क्षेत्रों में जहाँ ज्वालामुखी का उद्गार होता रहता है, पाये जाते हैं। इनकी रचना में ग्रेनाइट का योग रहता है। राँची पठार में धारवार क्रम की अवसादी शैलों के नीचे आर्कियन युग में बृहदाकार ग्रेनाइट बैथोलिथ का निर्माण हुआ। स्थाग-स्थान पर बैथोलिथ के प्रवेश के कारण धारवार शैलों के ऊपरी आवरण में उभार हो गया। अनाच्छादन के कारण ऊपरी आवरण के अनावरण के कारण ये बैथोलिथ सतह पर प्रकट हो गये।

सम्बन्ध समग्र तक अनाच्छादन के कारण वर्तमान समय में ये बंधोलिथ गुम्बदों के रूप में दृष्टिगत होते हैं।

(ii) **सैकोलिथ**<sup>1</sup>—सैकोलिथ लावा-निमित्त बृहद् आकार होता है जिसका रूप उत्तल ढाल (Convex slope) के रूप में होता है। सैकोलिथ छातकर परतदार चट्टानों के बीच पाये जाते हैं। जब लावा का उद्गार होता है तो गैसी के जोर से परतदार शैल की ऊपरी परत उत्तल चाप (Convex arch) जैसा गुम्बदाकार रूप में बदल जाती है। फलस्वरूप ऊपर वाली मुड़ी हुई तथा निचली सीधी परत के बीच खाली जगह बन जाती है, जिसमें ज्वालामुखी-राख, गैस तथा लावा आदि भर जाते हैं, जिस कारण सैकोलिथ का निर्माण होता है। ऊपरी परत सैकड़ों फीट से लेकर हजारों फीट तक ऊपर मुड़ जाती है। बंधानिथ किमी भी चट्टान से बन सकता है परन्तु सैकोलिथ जेबल परतदार चट्टान में ही बनता



चित्र 152—सैकोलिथ (Laccolith)

है। इसका ऊपरी भाग दृष्टिगोचर होता है जिसके किनारे झुके हुए होते हैं। उत्तरी अमेरिका के पश्चिमी भाग में ऐसे अनेक आकार देखने को मिलते हैं।

(iii) **फैकोलिथ** (Phacolith)—ज्वालामुखी उद्गार के समय मोड़दार पर्वतों की अपनति (Anticline) तथा अभिनति (Syncline) में लावा का जमाव हो जाता है। इस प्रकार बनी आग्नेय शैल को फैकोलिथ कहते हैं।

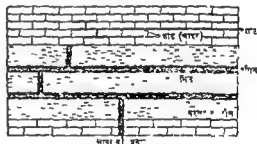
(iv) **लोपोलिथ** (Lopolith)—लोपोलिथ जर्मन भाषा के लोपस (Lopas) से लिया गया है जिसका तात्पर्य होता है, एक छिछली बेसिन। जब लावा का जमाव धरातल के नीचे अवतल आकार वाली छिछली बेसिन में होता है तो तत्स्थरीनुषा आकार का निर्माण



चित्र 153—फैकोलिथ (Phacolith)

होता है। इस आकार को लोपोलिथ कहते हैं। ट्रान्स-वाल में 480 कि०मी० लम्बा लोपोलिथ पाया गया है।

(v) **सिल** (Sill)<sup>2</sup>—सिल परत के रूप में आग्नेय शैल का समूह होती है। जब लावा का प्रवाह होता है तो लावा का जमाव परतदार अथवा स्पातरित शैलों की परतों के बीच हो जाता है। सिल की स्थिति प्रायः भौतिक चट्टान की परतों के समानांतर होती है। जब टम जमाव की मोटाई ज्यादा होती है तो इसे मिल कहते हैं। परन्तु पतली सिल को शीट कहा जाता है। इसकी (Sill) मोटाई कुछ सेंटीमीटर से लेकर बड़ी मीटर तक होती है। सिल की आग्नेयशैल आत-प्रात की चट्टानों से काफी बठोर होती है तथा समीपवर्ती शैल के कट जाने पर यह निचली हुई प्रतीत होती है।

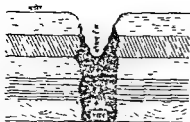


चित्र 154—सिल (Sill)

(vi) **डाइक** (Dyke)—डाइक प्रायः मिल की तरह ही होती है परन्तु यह अपेक्षाकृत लम्बी तथा पतली होती है। सिल एवं शीट के विपरीत परतों में लम्ब के रूप में पायी जाती है। वास्तव में डाइक एक दीवाल की तरह आग्नेय शैल का आव्यन्तरिक रूप ही होती है। मोटाई में डाइक कुछ सेंटीमीटर से सैकड़ों मीटर तक पाई जाती है परन्तु इनकी लम्बाई कुछ मीटर से लेकर बड़ी किलोमीटर होती है। कुछ आग्नेय शैल अपनी समीपवर्ती शैलों में ज्यादा बठोर होती है तथा अपरदन का प्रभाव उन पर कम पाया जाता है। इसके विपरीत

1. सैकोलिथ—जर्मन शब्द laccos-litso चट्टान।

2. सिल—एंग्लो-सैक्सन शब्द—Syl—a ledge उभड़ा हुआ भाग।



चित्र 155—डाइक (अपरदन के बाद उत्पन्न रूप)

कुछ डाइक मुलायम भी होती है। इस प्रकार स्थलरूप (Landforms) के निर्माण में इनका गहरा हाथ होता है। इस क्षेत्र में डाइक के तीन रूप हो सकते हैं—

1 प्रथम अवस्था—जब डाइक की शील समीपवर्ती शील में कमजोर होती है तो डाइक का उपरी भाग अपरदन से कट जाता है तथा गढ़ बन जाती है। चित्र नं० 155 में स्पष्ट है।

2 द्वितीय अवस्था—जब डाइक की चट्टान गर्भापवर्ती शील में कमजोर होती है तो अपरदन के कारण समीपवर्ती चट्टान बट जाती है परन्तु डाइक ऊपर की तरह निकली रहती है। चित्र नं० 156 में स्पष्ट है।



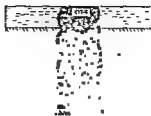
चित्र 156—डाइक (अपरदन के बाद उत्पन्न रूप)।

3. तृतीय अवस्था—डाइक आप-पाम की चट्टान के बराबर ही गठोर अथवा सुपायम हो तो ऐसी अवस्था में डाइक का उदात्त समीपवर्ती शील का अनुरूप ही होता है।

### गेसर (Geyser)

गेसर का तात्पर्य—गेसर या उत्प्लोत्स वास्तव में एक प्रकार का गर्म जलस्रोत होता है जिसमें समय-समय पर गर्म जल तथा वाष्प निकला करती है। गेसर शब्द

आइसलैंड की भाषा के गेसिर शब्द (Geysir) में बना है जिसका शाब्दिक अर्थ "तेजी से उछलना हुआ" (Gusher) अथवा "फुहार छोड़ने वाला" (Spouter) होता है।



चित्र 157—डाइक (अपरदन के बाद उत्पन्न रूप)।

वास्तव में गेसर शब्द का प्रयोग आइसलैंड के उत्पन्न जल में स्रोत 'ग्रेट गेसर' (Great Geyser or Geysir) के उछलते हुए जल की प्रदर्शित करने के लिये किया गया था। बहुत से ज्वालामुखी क्षेत्रों में उद्गार के समय दरारों तथा सुराखों से होकर कुछ अवकाश के बाद गर्म जल कुछ या अधिक ऊँचाई तक निकलने लगता है। ज्वालामुखी की क्रिया से इस गौण रूप को ही गेसर कहते हैं। विभिन्न विद्वानों ने गेसर को कई रूपों में प्रदर्शित किया है। 'गेसर, गर्म जलस्रोत' होने है जिनमें अवकाश के बाद गर्म जल तथा वाष्प तीव्रता से निकला करती है, कभी-कभी इनकी ऊँचाई सैकड़ों फीट होती है।<sup>1</sup>

दूसरे शब्दों में "गेसर नाब्राम गर्म जल का स्रोत होते हैं जो कि समय-समय में अपने मुख से गर्म जल का फुहार तथा वाष्प छोड़ते हैं।"<sup>2</sup> गेसर में गर्म जल का प्लावन ऊपर की तरफ एक छिद्र या सुराख में होता है तथा बाद में अपने जमाव द्वारा गेसर, छिद्र के चारों तरफ एक टीले (Mound) की रचना करता है। इनके बीच में एक गोल बेसिन होती है जो कि ध्याम में 69 फीट तथा गहराई में 4 फीट होती है। यह बेसिन मिलि-का युक्त जल से आवृत रहती है जिसका तापमान प्रायः 75° से 90° सेण्टीग्रेड के बीच होता है। गेसर का मुख नीचे से जलस्रुह या जल-भण्डार में एक नली द्वारा जुटा होता है। इस नली को घेरुर द्रोणी या गेसर नली कहते हैं। यह प्रायः पत्थरी तथा लकड़ी परन्तु

1. "Geysers are hot springs from which a column of hot water and steam is explosively discharged at intervals, spouting in some cases to heights of hundreds of feet". A. Holmes, Principles of Physical Geology, page, 138
2. "Geysers are intermittent hot springs that from time to time spout steam and hot water from their craters." P. G Worcester, A Textbook of Geomorphology, page 452. 1948

टो-मेढी होती है। नम्वाई विभिन्न स्थानों पर 100 फीट से 400 फीट के बीच होती है।

यद्यपि गेसर तथा गर्म जलस्रोत समान होने हैं परन्तु एक से नहीं होते हैं। गर्म जलस्रोत से वाष्प तथा गर्म जल निरन्तर निकलता करता है। इसकी क्रिया में किसी प्रकार का अवकाश नहीं पाया जाता है। यह अविराम (Without interval) सक्रिय रहता है। इसके विपरीत गेसर मध्यान्तर के बाद या सविराम (With intervals) गर्म जल तथा वाष्प के फुहारे के रूप में ऊपर उछलता रहता है। इसका अन्तर दोनों की वाष्प तथा गर्म जल की निश्चित ऊँचाई तक उछलाने की क्षमता का होता है। गर्म जलस्रोत द्वारा वाष्प तथा उदण जल कुछ ऊँचाई तक ही ऊपर उठ पाता है जबकि गेसर अत्यधिक ऊँचाई तक उछलता है। कभी-कभी यह ऊँचाई 1500 फीट हो जाती है—जैसा कि न्यूजीलैण्ड के वायामाग्नू गेसर ने कभी किया था। कुछ विद्वान गेसर तथा गर्म जलस्रोत को अलग-अलग दो रूप नहीं मानते हैं। परन्तु गर्म जलस्रोत को गेसर का ही एक प्रकार बताते हैं। परन्तु यह मत अमाय्य है। गेसर की श्रेणी में गर्म जलस्रोत को कदापि सम्मिलित नहीं किया जा सकता है। इतना निश्चित ही है कि गेसर का सम्बन्ध ज्वालामुखी-क्रिया से है तथा वर्तमान ज्वालामुखी क्षेत्रों में ही पाया जाता है। वास्तव में गेसर ज्वालामुखी-क्रिया का एक गौण रूप है।

### गेसर के प्रकार

गेसर की प्रक्रिया में पर्याप्त अन्तर पाया जाता है। कभी-कभी गेसर द्वारा अत्यधिक मात्रा में गर्म जल तथा वाष्प निकलती है तथा कुछ गेसर थोड़ी मात्रा में ही जल एवं वाष्प निकालते हैं। इस आधार पर गेसर को दो वर्गों में विभाजित किया जाता है।

1. **कुण्ड गेसर (Pool Type of Geyser)**—जब गेसर का उद्गार गुले बड़े छिद्र से या कुण्ड से होता है तो उसे कुण्ड प्रकार का गेसर कहते हैं। इस प्रकार के गेसर से अत्यधिक मात्रा में गर्म जल तथा वाष्प बाहर निकलती है। इस प्रकार के गेसर की नली काफी विस्तृत होती है तथा अधिक जल धारण करने की काफी क्षमता रखती है। जल की अधिकता तथा ऊपर आने की तीव्रता के कारण कुण्ड के पास जमाव नहीं हो पाता है।

2. **सँकरे गेसर (Nozzle Type of Geyser)**—गेसर का उद्गार पतले तथा सँकरे छिद्र अथवा मुराख

में होता है तो उसे सँकरे गेसर कहते हैं। इस प्रकार के गेसर अपने जमाव द्वारा शकु बना लेते हैं तथा उनके बीच में सखीर्ण छिद्र से गर्म जल तथा वाष्प बाहर निकलती है परन्तु इनकी मात्रा (जल तथा वाष्प) प्रथम की अपेक्षा त्रितान्त्रिक होती है। इसका मुख्य कारण गेसर-द्रोणी का कम विस्तृत एवं छोटा होना होता है।

कुछ विद्वानों ने गेसर तथा गर्म जलस्रोत को दो विभिन्न रूप नहीं माना है, बल्कि उन्हें गेसर का ही दो रूप बताया है। उनके अनुसार गेसर को दो वर्गों में विभाजित किया जाता है।

(1) **सविराम गेसर**—जब गर्म जल तथा वाष्प का प्रसरण कुछ अवकाश अथवा विराम के बाद होता है तो उसे सविराम गेसर कहते हैं। वास्तव में गेसर का यही सही रूप होता है। प्रत्येक गेसर का मध्यावकाश या विरामअवधि (Period of interval or interruption) समान नहीं होती है। इस आधार पर वास्तविक गेसर को कई उपविभागों में विभाजित किया जा सकता है।<sup>1</sup>

(अ) **समान विराम वाले गेसर**—कुछ गेसर की सक्रियता में नियन्त्रण होता है अर्थात् एक निश्चित समय तक कार्यरत रहने के बाद ये निष्क्रिय हो जाते हैं। इस प्रकार प्रति दो सत्रिय अवधि के बीच का अवकाश सदैव बराबर होता है। इस प्रकार के गेसर के उद्गार तथा विराम का समय निश्चित होता है। यही कारण है कि ये अत्यन्त विश्वसनीय होते हैं। इसी आधार पर सयुक्त राज्य के 'जोन्स फ्रेडकुल गेसर' को 'ईमानदार या सफादार गेसर' कहते हैं क्योंकि प्रतिमिनट के बाद इसका उद्गार होता है।

(ब) **असम विराम वाले गेसर (Variable Geyser)**—जब गेसर के दो उद्गारों के मध्यावकाश में निश्चितता नहीं होती है तो उसे असम विराम वाले गेसर कहते हैं। यह विराम अवधि भिन्न-भिन्न गेसर में कुछ घण्टों से लेकर कई दिन तक की होती है। परंतु तब कि एक गेसर में भी मध्यावकाश तथा अगले मध्यावकाश में अन्तर पाया जाता है। इसका कब उद्गार होगा तथा कब समाप्ति होगी, अनिश्चित होता है। इसी कारण इन्हें "अविश्वसनीय गेसर" कहते हैं।

(ग) **सखी अवधि वाले गेसर**—इस प्रकार के गेसर का जब उद्गार होता है तो सक्रियता-काल या



उद्गार का समय कुछ मिनट से लेकर एक घण्टे तक होता है। आइसलैण्ड का "ग्रैण्ड गेसर" 30 मिनट तक सक्रिय रहने के बाद मध्यावकाश को प्राप्त होता है। इस प्रकार के गेसर से गर्म जल एवं वाष्प की अत्यधिक मात्रा बाहर आती है। इसका प्रमुख वाष्प गेसर-द्रोणी का बड़ा तथा विस्तृत आवार का होना है।

(द) क्षीण गेसर—इस प्रकार गेसर-उद्गार का समय बहुत ही कम होता है। कुछ गेसर तो कुछ सेकण्ड तक ही उद्गार के बाद निष्क्रिय हो जाते हैं।

(2) अबिराम या सतत सक्रिय गेसर—इस प्रकार के गेसर से मंदैव गर्म जल तथा वाष्प निकला करती है तथा इसमें मध्यावकाश नहीं होता है। इस प्रकार के गेसर मंदैव सक्रिय रहते हैं। संयुक्त राज्य का यलोस्टोन पार्क का एक्सेल्लियर गेसर इसी तरह का है। इस गेसर को गेसर स्रोत भी कहा जाता है। वास्तव में इस प्रकार के स्रोत (Spring) को जिससे मंदैव गर्म जल एवं वाष्प निकलती है गेसर की श्रेणी में नहीं रखना चाहिए। इन्हीं गेसर से अलग उष्ण जलस्रोत ही समझना चाहिए जैसा कि अधिकांश विद्वानों से स्वीकार किया है।

गेसर का सामान्य रूप—गेसर की क्रियाओं का निश्चित रूप नहीं दिया जा सकता है क्योंकि प्रत्येक गेसर दूसरे गेसर से हर मान में भिन्न होता है। कुछ गेसर निश्चित अवकाश के बाद उद्गार करते हैं जब कि दूसरे गेसर के उद्गार तथा मध्यावकाश के विषय में निश्चितता नहीं होती है। कुछ गेसर अधिक ऊँचाई तक वाष्प तथा जल को उछालते हैं। एक्सेल्लियर तथा ओल्ड फेयफुल गेसर 100 फीट से 300 फीट की ऊँचाई तक उद्गार करते हैं। न्यूजीलैण्ड के वायमानू गेसर द्वारा एक बार 1500 फीट की ऊँचाई तक उद्गार हुआ था। इसके विपरीत कुछ गेसर कुछ दूरी से लेकर कुछ फीट तक ही उद्गार करते हैं। जब गेसर द्वारा जल का अपस्वाव नहीं हो पाता है तो कभी-कभी पतली कीचड़ ही ऊपर आती है तथा इसका उद्गार कुछ फीट तक ही होता है। भारी होने के कारण यह पुन गेसर (Geyser pool) में गिर पड़ती है तथा पुन ऊपर उछाल दी जाती है। यह क्रिया लम्बे समय तक चलती रहती है। कहने का तात्पर्य यह है कि गेसर का कोई निश्चित रूप नहीं बताया जा सकता है। प्रत्येक नया गेसर अपनी स्वयं की विशेषता रखता है। जब अवकाश के बाद गेसर का उद्गार या अपस्वाव होता है तो अजीब प्रकार की कर्ण-प्रिय ध्वनि होती है।

प्राकृतिक मोन्दर्य के दृष्टिकोण में गेसर अत्यन्त आकर्षक होते हैं तथा पर्यटकों के लिए विशेष आकर्षक केन्द्र होते हैं।

### गेसर का विश्व-वितरण

गेसर तथा गर्म जलस्रोत के विश्व-वितरण में कोई निश्चित क्रम नहीं पाया जाता है, अथवा अक्षांश एवं जलवायु का कोई अमर नहीं होता है। उदाहरण के लिए गाउब्रेगिया में बर्फ से आच्छादित भाग में भी गर्म जलस्रोत से उष्ण जल प्रवाहित होता है तथा भूमध्य रेखीय उष्ण भागों से भी गर्म जल निकलता है। इसका प्रमुख कारण इसका पृथ्वी के आन्तरिक भाग से सम्बन्धित होना है। यद्यपि गेसर सीमित क्षेत्र में पाये जाते हैं परन्तु उनके वितरण का कोई निश्चित क्रम नहीं है, क्योंकि प्रायः प्रत्येक महाद्वीपीय भाग से गेसर पाये जाते हैं। उत्तरी अमेरिका में गेसर "यलोस्टोन नेशनल पार्क" में, एशिया में तिब्बत में, यूरोप में आइसलैण्ड में तथा न्यूजीलैण्ड में गेसर पाये जाते हैं। केवल दक्षिणी अमेरिका तथा अफ्रीका में गेसर का अभाव पाया जाता है। फिर भी अजोर्नो में कुछ गेसर के प्रमाण मिलते हैं। मुख्य रूप से विश्व में गेसर के तीन प्रधान क्षेत्र पाये जाते हैं—

1. संयुक्त राज्य अमेरिका के गेसर—संयुक्त राज्य में "यलोस्टोन नेशनल पार्क" में गेसर का समूह (Agglomeration) पाया जाता है। यहाँ पर लगभग एक सौ ऐसे गेसर हैं जिनका नामकरण किया जा चुका है तथा एक सौ ऐसे गेसर हैं जिनके विषय में जानकारी प्राप्त की जा चुकी है। यहाँ पर गेसर चार प्रमुख बेसिन—(i) नोर्मि बेसिन, (ii) उपरी लेक बेसिन, (iii) निक्ली लेक बेसिन तथा (iv) हाई लेक बेसिन में पाये जाते हैं। यहाँ पर गेसर खासकर दरार तल (Fault plane) के सहारे पाये जाते हैं। यहाँ का प्रमुख गेसर "ओल्ड फेयफुल गेसर" है।

2. न्यूजीलैण्ड के गेसर क्षेत्र—न्यूजीलैण्ड का प्रमुख गेसर क्षेत्र वेज के उत्तर में स्थित उत्तरी द्वीप के पश्चिमी भाग के ज्वालामुखी-क्षेत्र में स्थित है। न्यूजीलैण्ड का सर्वप्रथम गेसर वायमानू है जिसका आविर्भाव सन् 1901 ई० में भयंकर उद्भेदन के साथ हुआ था। उस समय गेसर द्वारा निस्सृत गर्म जल तथा कीचड़ वायु में 1500 फीट की ऊँचाई तक चला गई थी। परन्तु 2 वर्ष के उद्गार के बाद ही यह गेसर पूर्णतया निष्क्रिय हो गया।

3. आइसलैण्ड के गेसर-क्षेत्र—आइसलैण्ड में गेसर तथा गर्म जलस्रोत 5000 वर्षों मील क्षेत्र में पाये जाते हैं। यहाँ का सर्वप्रमुख गेसर, ग्रँड गेसर है। इसी के नाम पर संसार के सविराम गर्म जल स्रोतों का नामकरण गेसर किया गया है। दूसरा प्रसिद्ध गेसर स्त्रौकर है। यहाँ पर यह उल्लेखनीय है कि आइसलैण्ड के गेसर का नामकरण उनके प्रारम्भिक उद्गार या अपस्वाव के स्वरूप के आधार पर किया गया है। आइसलैण्ड के गेसर से निस्सृत जल का अध्ययन करने पर पता चलता है कि उनका मूल स्रोत वर्षा का जल तथा बर्फ के पिघलने में प्राप्त जल ही है। बर्फ पिघलने से प्राप्त अधिक मात्रा में जल द्वारा एव सुराख के सहारे रिस कर पृथ्वी के अन्दर चला जाता है।

### गेसर के उद्गार की प्रक्रिया (Process of Geyser Action)

गेसर की उपर्युक्त विशेषताओं को देखने से स्पष्ट हो जाता है कि प्रत्येक गेसर के स्वभाव में पर्याप्त अन्तर होता है। परन्तु इतना तो निश्चितता के साथ कहा जा सकता है कि गेसर से गर्म जल तथा वाष्प कुछ अवकाश के बाद निकलती है। गेसर की इस सर्वप्रथम विशेषता 'मविराम उद्गार' (Intermittent action) के कारणों का स्पष्टीकरण करना आवश्यक है। गेसर की सविराम सक्रियता के लिए निम्न बातों का होना आवश्यक है—पर्याप्त जल की प्राप्ति, उचित ताप, वर्तमान ताप तथा जल में समुचित अनुपात, गेसर दोषी या नली, जिसके सहारे गर्म जल ऊपर आता है तथा घरातल के नीचे गर्म जल का भण्डार, जहाँ से गर्म जल नली से होकर ऊपर प्रकट होता है।

(1) जल की प्राप्ति—गेसर के उद्गार के लिये उत्तरदायी जल भण्डार के विषय में पर्याप्त मतभेद है। कुछ विद्वानों का कथन है कि गेसर का उद्गार केवल भूमिगत जल तथा मैग्मा में प्राप्त जल के अधिक ताप द्वारा गर्म होने से ही होता है। परन्तु गेसर द्वारा निस्सृत अत्यधिक जलराशि को देखते हुये उपर्युक्त मत सत्य से काफी दूर जान पड़ता है। वास्तव में गेसर के लिये आवश्यक जल, घरातल के उपरी भाग से वर्षा के जल तथा हिम के पिघलने (हिम को भी वर्षा का ही एक रूप मानना चाहिये) से प्राप्त जल में होता है। घरातल के ऊपरी भाग से ये जल रिस कर भूमि के नीचे पहुँच जाते हैं। इस मत के समर्थन में अनेक प्रमाण प्रस्तुत किये जा सकते हैं—(1) गेसर द्वारा निस्सृत जल तथा

उम स्थान की वर्षा में सीधा सम्बन्ध है। जिस साल या मौसम में जलवृष्टि अधिक होती है उस समय गेसर अधिक सक्रिय पाये जाते हैं तथा उनसे निस्सृत जलराशि सामान्य जलराशि से अधिक होती है। (ii) गेसर से निस्सृत गर्म जल के साथ कुछ घोल के रूप में पदार्थ भी बाहर आते हैं। इन पदार्थों की देखने में यह स्पष्ट ज्ञात हो जाता है कि ये उन चट्टानों के घुले पदार्थ हैं जिनमें होकर घरातलीय वर्षा का जल रिस कर भूमि के नीचे पहुँचता है। इसके अलावा कुछ मैग्मैटिक जल भी होता है। ऐसा लगता है कि भूमि के नीचे तप्त मैग्मा में वाष्प ऊपर की तरफ चलती है तथा मार्ग में धनोभूत होकर जल के रूप में परिणत हो जाती है। परन्तु यह सम्भवी है कि इस प्रकार से प्राप्त जल की मात्रा बहुत कम होती है।

(2) ऊष्मा (Heat)—गेसर तथा गर्मजलस्रोत में जो जल ऊपर आता है उसका तापमान काफी अधिक होता है। उदाहरण के लिये "मैमप हाट स्प्रिंग" का तापमान, उबाल बिन्दु (Boiling point) से 40° फा० कम होता है। ओरड फेयफुन गेसर का तापमान 200° फा० होता है। इस प्रकार गेसर के उद्गार के लिये अधिक ताप की आवश्यकता होती है। गेसर का उद्गार इतनी कम गहराई से होता है (400 से 500 फीट) वहाँ पर इतना अधिक तापमान जिससे कि जल का वाष्प बन जाय, का होना स्वाभाविक नहीं लगता है। अनेक गेसर-क्षेत्रों में खुदाइयों द्वारा भी पता चला है कि 400 से 500 फीट की गहराई तक 400° फा० तक तापक्रम पाया जाता है। उदाहरण के लिये 'मेलोस्टोन पार्क' की दो गेसर-घाटियों में दो बोरिंग की गईं जिनमें पता चला कि "नोर्मि गेसर बेसिन" में 265 फीट की गहराई पर 401° फा० तापक्रम तथा "ऊपरी गेसर बेसिन" में 406 फीट की गहराई पर 360° फा० तापक्रम मौजूद है। अब समस्या उठती है कि इतनी कम गहराई पर इतना अधिक ताप कहाँ से प्राप्त हो जाता है। इस समस्या के निदान के लिये कुछ विद्वानों का कथन है कि घरातल से 5000 फीट की गहराई पर तप्त मैग्मा की स्थिति है। यह मैग्मा शीतल होता है तो मिडुइन के कारण उससे गर्म गैस ऊपर की तरफ छिद्र से होकर प्रवाहित होती है तथा ऊपर स्थित जल एव जल को गर्म करती है।

(3) जल तथा ताप में संतुलन—गेसर तथा गर्म जल-स्रोत का क्रमशः सविराम तथा अविरल रूप में प्रवाहित

होना प्रत्यक्ष रूप से जल की पूर्ति में सम्बन्धित है। यदि जल की पूर्ति लगातार होती रहती है तो गर्म जलमयों का आविर्भाव होता है जिसमें मत्त गर्म जल का प्लावन होता रहता है। परन्तु जब जल की पूर्ति बराबर न होकर मामयिक होती है तो गेसर का निर्माण होता है। दोनो ही दशाओं में जल तथा ताप के बीच सन्तुलन का होना आवश्यक है। यदि ताप की मात्रा से जल की मात्रा अधिक होगी तो जल का वयननांक (Boiling point) नहीं आ पायेगा तथा जल वाष्प रूप में परिणित नहीं हो पायेगा। फलस्वरूप गेसर या गर्म जलमयों का आविर्भाव नहीं हो पायेगा। इसके विपरीत जब जल की मात्रा न्यून परन्तु ताप अत्यधिक होगा तो समूचा जल वाष्प में बदल जायेगा तथा गेसर से केवल वाष्प ही निकल पायेगी गर्म जल नहीं। इस कारण जल की मात्रा तथा ताप में एक ऐसा सम्बन्ध या अनुपात रहना चाहिये जिससे उस ताप पर जल का कुछ भाग वाष्प तथा गैस बन सके जिसमें अन्य गर्म जल ऊपर तक आ गये। जब जल की पूर्ति अनिश्चित (Constant) नहीं होती है तो गेसर के एक उद्गार के बाद ही गेसर-नली रिक्त हो जाती है तथा पुन जल के एकत्रीकरण की प्रतीक्षा करती है। जब पुन जल एकत्र हो जाता है तो द्वितीय उद्गार होता है।

(4) गेसर-नली तथा जल-भण्डार—गेसर के आविर्भाव के लिये गेसर नली का होना परमावश्यक है। परन्तु धरातल पर इसका ऊपरी भाग ही दृष्टिगत हो पाता है। गेसर की नली एक सीधी नली के रूप में न होकर टेढ़ी-मेढ़ी होती है। धरातल के नीचे कई बिखरे हुए छिद्र, गुफाएँ तथा दरार होती हैं जिनमें जल एकत्र होता है। ये ही जल-भण्डार कह जाते हैं। गेसर-नली का सम्बन्ध इन सभी जल-भण्डारों में होता है। गेसर नली की लम्बाई भिन्न-भिन्न स्थानों पर भिन्न-भिन्न होती है। संयुक्त राज्य के "यलोस्टोन नेशनल पार्क" में गेसर-नली की औसत लम्बाई 400 फीट होती है।

(5) गेसर की सविराम सक्रियता (Intermittent Action of a Geyser)—गेसर की सक्रियता में सवन्ध में प्रमुख विद्वान बनसेन ने अपना मिडान्त प्रस्तुत किया है। बनसेन के अनुसार गेसर की सविराम सक्रियता उस तथ्य पर आधारित है कि बड़े हुए दबाव के साथ जल का उबाल बिन्दु (Boiling point) भी बढ़ जाता है। चूंकि गेसर-नली में जल की स्थिति में उससे निचले भाग में जल का दबाव अधिक होता है अतः जल के उबलने के लिये अधिक ताप की आवश्यकता होती है।

यहाँ पर यह उल्लेखनीय है कि गेसर-नली के जल तथा वर्तमान ताप में एक निश्चित सम्बन्ध का होना आवश्यक है। उदाहरण के लिये यदि नली में जल कम वरन् वहाँ पर ताप अधिक होगा तो समस्त जल वाष्प तथा गैस में बदल जायेगा। इसी प्रकार यदि ताप की अपेक्षा जल की मात्रा अधिक है तो जल में उबाल (खोलना) नहीं आयेगा तथा गेसर सक्रिय नहीं हो पायेगा। इस प्रकार ताप के अनुसार जल इतना होना चाहिये कि उसका "उबाल-बिन्दु" आ जाय तथा वाष्प के साथ जल उछलने लगे।

यह स्मरणीय है कि गेसर के उद्गार की प्रमुख शक्ति वाष्प ही है जिससे उद्देहित होकर जल ऊपर आता है। अतः गेसर-नली में पर्याप्त वाष्प का निर्माण होना आवश्यक है। 1—सर्वप्रथम धरातलीय भाग से जल रिस कर धरातल के नीचे छोटे-छोटे छिद्रों में जमा होना लगता है। पुन जब इनका सम्बन्ध एक ऊर्ध्वाकार नली में होता है तो समस्त जल इस नली, जिसे गेसर-नली कहते हैं, में पहुँच जाता है। 2—द्वितीय अवस्था में गेसर-नली के नीचे स्थित तप्त चट्टानों (ये चट्टानें गहरी हैं में स्थित तप्त मैग्मा में निष्कृत तप्त गैसों द्वारा तप्त होती हैं) से गेसर की नली का निचला भाग गर्म होकर उबलने लगता है। फलस्वरूप निर्मित गैस के कारण गेसर-नली का कुछ जल ऊपर की तरफ प्रवाहित होता है जिससे गेसर-नली में "द्रव स्थैतिक तुलन दाय" (Hydrostatic pressure) कम हो जाता है। इस कारण और अधिक जल (उबाल बिन्दु के नीचे होने से) उबल कर वाष्प में परिणित हो जाता है। फलस्वरूप गेसर-नली में जल "अ" के बाद "स" स्थान पर पहुँच जाता है। (चित्र 158)। 3—तृतीय अवस्था में दबाव में पुन ह्रास होने से अधिकांश जल गर्म होने लगता है तथा गेसर-नली के "द" बिन्दु तक जल तप्त हो जाता है। 4—अन्तिम अवस्था में गेसर-नली का सभी जल गर्म हो जाता है तथा उनका उबाल आ जाता है। फलस्वरूप समस्त गेसर-नली वाष्प तथा गैस के बुलबुले से युक्त हो जाती है। गैस तथा वाष्प ऊपर की तरफ प्रवाहित होती है तथा 5—तीव्रता के साथ जल का नीचे से बहेलती है, जिस कारण गेसर का उद्गार प्राग्भ होता है। यह क्रिया तब तक चलती रहती है जब तक गेसर-नली में जल तथा वाष्प रहती है। 6—जब कभी वाष्प तथा जल गेसर-नली से निकल आता है तो गेसर-नली के खाली हो जाने से गेसर का उद्गार बन्द हो जाता है तथा अवकाश या विराम-काल आ

जाता है। पुन जल भण्डारों तथा गेसर-नली में एकत्र होने लगता है। जल गर्म होकर वाष्प के साथ पुन., ऊपर आता है। इस प्रकार विराम-काल के बाद गेसर-पुनः सक्रिय हो जाता है। यही क्रिया बार-बार होती रहती है। गेसर का सक्रियता काल तथा विराम-काल, जल की पूर्ति तथा ताप की मात्रा पर एवं गेसर-नली के आकार एवं विस्तार पर आधारित होता है। यदि गेसर नली विस्तृत है तथा जल पर्याप्त है तो गेसर अधिक समय तक सक्रिय रहता है। इसी प्रकार यदि जल की पूर्ति सीध हो जाती है तो विराम-काल भी समाप्त हो जाता है।

### गेसर का जमाव (Geyser Deposit)

गेसर के उद्गार के साथ नई प्रकार के खनिज मिश्रण के रूप में वर्तमान होते हैं। ये खनिज वास्तव में जल के माप धोल के रूप में मिले होने हैं तथा ये खनिज उन चट्टानों के भ्रष्ट होने हैं जिनसे होकर धरा-तलीय जल रिंगर धरातल के नीचे पहुँचना है। उस समय घोलनीकरण (Solution) की क्रिया के कारण चट्टानों के घुलनशील खनिज पदार्थ जल के साथ मिल जाते हैं तथा गेसर के उद्गार के समय ऊपर प्रकट होते हैं। यही कारण है कि प्रत्येक गेसर में निस्तुत खनिज पदार्थ तथा जमाव सामान्य नहीं होते हैं। उदाहरण के लिए योलोस्टोन मेगमल पार्क में धरातलीय जल सिलिका युक्त आग्नेय चट्टानों से होकर नीचे की तरफ पहुँचता है। अतः इस क्षेत्र के गेसर के उद्गार के समय गर्म जल से गेसर-छिद्र के चारों तरफ सिलिका का जमाव हो जाता है। इस प्रकार के जमाव को गेसर-स्ट्रेट कहते हैं, जब इसमें अलगाव की उपस्थिति होती है तो गेसर-स्ट्रेट

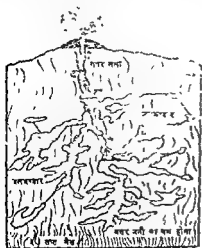
में तरह-तरह के रंग आ जाते हैं। जब धरातलीय जल घूने के पत्थर नामक चट्टान से होकर नीचे जाता है तो लाइम-स्टोन का कैल्शियम कार्बोनेट जल के साथ मिल जाता है तथा गेसर के उद्गार के बाद ऊपर प्रकट होता है। मैमथ हाटस्प्रिंग में इसी तरह का जमाव होता है।

जब निस्तुत गर्म जल का नापीकरण हो जाता है तथा वह शीघ्र ठंडा हो जाता है तो दबाव के कम हो जाने में तथा घुलनशील शक्ति के कम हो जाने पर जल के साथ मिले खनिज पदार्थ जमा होने लगते हैं। गेसर-जमाव, भौगोलिक दृष्टिकोण में महत्वपूर्ण नहीं होते हैं क्योंकि वे अत्यन्त लघु होते हैं तथा शीघ्र ही अपरदन द्वारा नष्ट हो जाते हैं। कभी-कभी गेसर-स्ट्रेट का जमाव 5 से 10 फीट तक ऊँचा होता है तथा जब जमाव में नमानार इडि होती रहती है तो छोटे शंकु की रचना होती है। इसे गेसर शंकु कहते हैं।

### धुआँरे (Fumaroles)

धुआँरे अथवा धूम्रछिद्र लैटिन भाषा के "फ्यूमरोल" शब्द में लिया गया है, जिसका तात्पर्य ऐसे छिद्र से होता है जिसमें महारे गैस तथा वाष्प निकल करती है। दूर से देखने में ऐसा लगता है मानो जोरों में धुआँ ही धुआँ निकल रहा है। इसी कारण से इन्हें धूम्रछिद्र अथवा धुआँरे कहते हैं। वास्तव में धुआँरे का सीधा सम्बन्ध ज्वालामुखी-क्रिया से होता है। जब ज्वालामुखी के उद्गार से लाया, राख, बिखण्डित पदार्थ आदि का निकलना समाप्त हो जाता है तो कभी-कभी अवकाश के बाद तथा कभी-कभी लगातार गर्म वाष्प तथा गर्म गैस निकलती हैं। धुआँरे के उद्गार की प्रक्रिया का विषय में बताया जा सकता है कि ज्वालामुखी के उद्गार के बाद मैग्मा के ठंडा होना पर लावा मिबुटने से गर्म गैस तथा वाष्प का निर्माण होता है जो ऊपर की तरफ एक संकरी नली में होकर धरातल पर प्रकट होती है। धुआँरे ज्वालामुखी की सक्रियता के अन्तिम लक्षण भी माने जा सकते हैं।

धुआँरे का विस्तृत क्षेत्र अलास्का में कटमई ज्वालामुखी के समीप कई वर्षावीन क्षेत्र में पाया जाता है। इस क्षेत्र के धुआँरे अत्यधिक मात्रा में एक घाटी के समूह के रूप में पाये जाते हैं। इस धुआँरे की घाटी को 'दस सहस्र, दस घाटी' (A valley of ten thousand smokes) कहते हैं। यहाँ पर घाटी के निम्न तरी से इतनी अधिक मात्रा में धुआँरे प्रकट होते हैं कि उनकी निश्चित संख्या बताना नितान्त कठिन कार्य है।



चित्र 158—गेसर (Geyser)।

इस घाटी में धुआरे निश्चित दरार में सहारे पाये जाते हैं। वे छिद्र जिनसे होकर वाष्प तथा गैस का विसर्जन होता है, आकार में प्रायः वे छोटे-छोटे होते हैं। साधारण तौर पर 10 फीट चौड़े घुसछिद्र पाये जाते हैं। अन्य स्थानों पर धुआरे की स्थिति दरार या फटन के सहारे न होकर ज्वालामुखी-श्रेष्ठर पर होती है अथवा वास्तव ज्वालामुखी गुम्बदों पर होती है।

मेसर एव गर्म जलस्रोत की अपेक्षा धुआरे द्वारा निस्सृत वाष्प का तापमान बहुत अधिक होता है। गैस का यह तापमान 645° सेण्टीग्रेट तक होता है। गैस तथा वाष्प के अत्यधिक तापमान का आशय हम तथ्य में ही पाया जाता है कि सर्वप्रथम जब ये गैसें तथा वाष्प बाहर निकलती हैं तो अदृश्य होती हैं परन्तु इनमें एकड़ों की घनता गहरीरे जाली जाय तो ये शीघ्र प्रज्वलित हो जाती है। सभी धुआरे में निस्सृत पदार्थों एवं गैसों में वाष्प का प्रतिशत सर्वाधिक (98.4 से 99.99 प्रतिशत) होता है। धुआरे के साथ अन्य गैस का भी विसर्जन होता है जिनमें महत्वपूर्ण गैसें इस प्रकार हैं—कार्बन-डाई-आक्साइड हाइड्रोक्लोरिक एसिड, हाइड्रोजन सल्फाइड, नाइट्रोजन तथा कुछ अम्लीय एवं अमोनिया।

धुआरे के साथ वाष्प तथा गैस के साथ-साथ कुछ खनिज पदार्थ भी निस्सृत होते हैं। इनमें प्रमुखता गन्धक की होती है। ऐसे धुआरे जिनसे अधिक मात्रा में गन्धक निकलता है उन्हें “गन्धकीय धुआरे” अथवा सोलफतारा कहते हैं। इटली में नेपल्स नगर के पास सोलफतारा नामक गन्धकीय धुआरा है जिससे सदैव गन्धकीय धुआ निकला करता है। इसी आधार पर ऐसे धुआरे, जिनसे

गन्धक का धुआ निकलता है, सोलफतारा कहे जाते हैं। विश्व के प्रमुख धुआरों में, अलास्का का “दम सहज धूम घाटी”, ईरान का “कोहगुस्तान धुआरा” तथा न्यूजीलैंड की प्लेन्टी की खाड़ी में “ह्वाइट स्मोक धुआरा” आदि प्रसिद्ध हैं।

धुआरे की वाष्प तथा गैस की उत्पत्ति के विषय में यह निश्चितता में कहा जा सकता है कि यह ज्वालामुखी-क्रिया से सम्बन्धित है तथा तप्त मैग्मा में निस्सृत वाष्प एवं गैस की बहुतायत होती है। इसके प्रमाण में यह बताया जाता है कि इनकी सक्रियता में न्युक्लियन परिवर्तन गहरी पाया जाता है कि हमारे होने हुए भी धुआरे की वाष्प में धरातलीय जल का कुछ भाग अवश्य रहता है। धुआरे अत्यन्त मनमोहक आकर्षक दृश्यावली उपस्थित करते हैं। इसके साथ ही साथ इनका आर्थिक उपयोग भी होता है। इनमें निस्सृत पदार्थों में महत्वपूर्ण गन्धक तथा क्लोरिक एसिड प्राप्त होते हैं। इसी प्रकार गर्म वाष्प तथा गैसों का गहरे गड्ढों में एकत्रित करके विद्युत उत्पन्न करके उनका प्रयोग आर्थिक प्रयोजनों के लिए किया जाता है। इटली के टस्कनी प्रान्त में इस विधि से बिजली प्राप्त की जाती है जिसका प्रयोग आम तौर पर नगरी (पिसा, फ्लोरेंस, नेपल्स आदि) में प्रकाश तथा शक्ति के लिए किया जाता है। सयुक्तराज्य अमेरिका के कैलिफोर्निया में धुआरे द्वारा 650 फीट गहरे गड्ढे में बिजली उत्पन्न की जाती है। जब गैस एवं वाष्प अत्यधिक तीव्रता से प्रकट होती है तो उनमें सीधे बिजली पैदा की जाती है। गड्ढे खोदने की आवश्यकता नहीं होती है।

## पर्वत-निर्माण के सिद्धान्त (Theories of Mountain-Building)

सामान्य परिचय—पर्वत-निर्माण से सम्बन्धित सिद्धान्तों की व्याख्या के पहले भूपटल के वलित (folded) पर्वतों की प्रमुख विशेषताओं का संक्षिप्त अवलोकन आवश्यक है। भूपटल के प्रायः सभी मोड़दार पर्वत परतदार चट्टानों के बने हुये हैं जिनमें जीवावशेष जामकुर मागरीय जीवों के अवशेष मिलते हैं। इसका तथा चलन की अधिकता के कारण परतदार चट्टानों में रूपान्तरण भी पर्याप्त मात्रा में हुआ है भूपटल के पर्वतों के वितरण के सम्बन्ध में दो तथ्य ध्यान देने योग्य हैं। प्रथम यह कि अधिकांश पर्वत महाद्वीपों के किनारे वाले भाग पर पाये जाते हैं तथा ये महाद्वीपीय किनारों के समानान्तर सागर के सामने स्थित हैं। राकीज, एण्डोज (उत्तरी तथा दक्षिणी अमेरिका के पश्चिमी किनारों पर प्रशान्त महासागर के सामने), अल्पाइन पर्वत (यूरोप के दक्षिणी किनारों पर भूमध्यसागर के सामने), एटलस पर्वत (अफ्रीका के उत्तरी-पश्चिमी किनारों पर समसागर के सामने), एशिया के पूर्वी किनारों के पर्वत आदि हमारे प्रमुख उदाहरण हैं। केवल हिमालय इस प्रणाली के अन्तर्गत नहीं आ पाता है। परन्तु यदि सूक्ष्म दृष्टि से देखा जाय तो यह भी टैथीज सागर के सामने ही था तथा बाद में उस गर्त के भर जाने पर सिन्धु-गंगा का मैदान बन गया। दूसरा यह कि भूपटल के पर्वतों का वितरण तथा फैलाव दो दिशाओं में मिलता है। प्रथम प्रणाली में ये उत्तर से दक्षिण दिशा में मिलते हैं, जैसे राकीज, एण्डोज आदि। दूसरी प्रणाली के अन्तर्गत अधिकांश पर्वत पश्चिम-पूर्व दिशा में विस्तृत हैं। उदाहरण के लिये यूरोप के अल्पाइन पर्वत, एशिया के अल्पाइन पर्वत (हिमालय आदि)।

इसी प्रकार यदि पर्वत-निर्माणकारी घटना तथा हलचल पर दृष्टिपात किया जाय तो स्पष्ट हो जायगा कि पर्वत-निर्माण चक्रीय रूप में (Cyclic origin of the mountain) सम्पन्न हुआ है। अर्थात् समस्त भूगर्भिक इतिहास में कुछ ऐसे युग रहे हैं जिनमें हलचल अथवा अन्य कारणों से पृथ्वी के सतह पर पर्वतों का मूजन हुआ। इसे पर्वत-निर्माणकारी युग या पर्वत निर्माणकारी हलचल कहा जाता है। यह भी स्मरणीय है कि पर्वत-निर्माणकारी घटनाएँ सदैव सक्रिय नहीं रही हैं।

दो पर्वत-निर्माणकारी घटनाओं के मध्य एक ऐसा युग या समय आया है, जिस समय पर्वतों के निर्माण नहीं हुये हैं। इन युगों को शान्त-काल (Period of quiescence) कहा जाता है। अध्ययन के आधार पर यह भी स्पष्ट हो गया है कि प्रत्येक शान्त-काल लगभग समान अवधि वाला था। भूगर्भवेत्ताओं के अनुसार अब तक भूगर्भिक इतिहास में चार प्रमुख पर्वत-निर्माणकारी युगों का पता लगाया जा चुका है— 1 प्रीकैम्ब्रियन पर्वतीकरण 2 कैंब्रियोनियन पर्वतीकरण 3 हर्सीनियन या वारिरकन-पर्वतीकरण तथा 4 टैशियरी अथवा अल्पाइन पर्वतीकरण। इस प्रकार यह स्पष्ट हो जाता है कि “भूपटल के पर्वतों का निर्माण एक निश्चित प्रक्रिया तथा उनका वितरण एक निश्चित प्रणाली के अनुसार हुआ है।” पर्वत-निर्माण में सम्बन्धित किसी भी सिद्धान्त की व्याख्या के समय इन तथ्यों का स्पष्टीकरण होना आवश्यक है अन्यथा सिद्धान्त अनुपयुक्त करार दिया जा सकता है।

एक समस्या और उठती है, पर्वतों के निर्माण के विषय में प्रचलित विविध सिद्धान्तों की। आखिर यह खवाल अनायास ही उठता है कि पर्वतों के निर्माण के विषय में इतने विविध तथा परस्पर विरोधी सिद्धान्तों का प्रतिपादन क्यों किया गया है? इनका एकमात्र कारण यह था कि प्रारम्भ में (1960 के पूर्व तक) सभी पर्वतों की विभिन्न संरचना तथा भूगर्भ के विषय में वैज्ञानिक विवरण का अभाव ही था। उस समय तक कुछ सीमित पर्वतों की संरचना का जो कुछ भी अध्ययन किया गया था वह भी पूर्ण नहीं था। “यह भी सत्य है कि भूपटल के मोड़दार पर्वत भवधि समान हैं परन्तु एक से नहीं हैं।” इस प्रकार यदि एक पर्वत की संरचना का अध्ययन ही भी जाय तो उसके आधार पर अन्य पर्वतों के विषय की संरचना की जगह में पर्याप्त अन्तर मिलता है। इसका ही नहीं एक पर्वत-तन्त्र (Mountain system) की विभिन्न श्रेणियों की संरचना में भी पर्याप्त अन्तर देखा गया है। इस प्रकार की कठिनाइयों के होंते हुए सभी पर्वतों के लिये सामान्य (Common theory) का प्रतिपादन करना कठिन कार्य था।

पर्वत-निर्माण के विषय में एक और महत्वपूर्ण तथ्य यह है कि जिस तरह पर्वत निर्माणकारी घटना समस्त भूगर्भिक इतिहास में सक्रिय न होकर कुछ विशिष्ट युगों में ही क्रियाशील रही उसी प्रकार पर्वतों का निर्माण भूपटल पर सर्वत्र न होकर कुछ निदिष्ट स्थानों तक ही सीमित है।<sup>1</sup>

इस प्रकार दूसरे शब्दों में कहा जा सकता है कि "पर्वतों का निर्माण भूगर्भिक इतिहास के कुछ निदिष्ट समयों में भूपटल के कुछ स्थानों पर ही हुआ है।" प्रायः यह विश्वास किया जाता है कि पृथ्वी के प्रारम्भिक भूगर्भिक इतिहास में पर्वत-निर्माण की प्रक्रिया, बाद वाली प्रक्रिया में सम्भवतः भिन्न रही होगी। अर्थात् प्रारम्भिक समय में पर्वतों के निर्माण की क्रिया एक साधारण प्रक्रिया रही होगी जिसके अन्तर्गत पर्वतों का गृजन भूपटल में सकुचन तथा मरोड़ उत्पन्न होने (Contraction and buckling or creasing) से हुआ होगा परन्तु बाद में भूस्न्नतियों में तलछटीय जमाद के पश्चात् पर्वत-निर्माण दबाव की शक्ति से पेरित होकर चलन की क्रिया (Folding process) द्वारा हुआ होगा। यहाँ पर यह उल्लेखनीय है कि यह सम्भावना मात्र ही है। इसके विषय में निश्चित प्रमाण उपलब्ध नहीं हैं। वर्तमान समय में प्लेट विवर्तन सिद्धान्त के आधार पर यह स्पष्ट हो गया है कि प्रत्येक भूगर्भिक काल में पर्वत-निर्माण की प्रक्रिया एक जैसी ही रही है (देखिये इस पुस्तक का अध्याय 8)।

पर्वत-निर्माण से सम्बन्धित अगली समस्या तथा-कथित बल (Force) की है। पर्वत-निर्माण के लिये किसी न किसी प्रकार की शक्ति की आवश्यकता अवश्य पड़ती है। अनेक विद्वानों ने अपने सिद्धान्तों में इस विषय पर अपने अलग अलग मत प्रस्तुत किये हैं। प्रश्न उठता है, पर्वतों का निर्माण क्षैतिज बलों (Horizontal forces or movement) द्वारा हुआ अथवा लम्बवत्? अधिकांश विद्वानों ने अपने सिद्धान्तों में क्षैतिज शक्ति तथा पारिवर्तक स्पर्शीय बल (Frontal tangential forces) को ही स्थापित दिया है। इस प्रकार पर्वत-निर्माण के सिद्धान्तों का दो वर्गों में रखा जा सकता है। 1. प्रथम वर्ग के अन्तर्गत उन सिद्धान्तों को रखा जाता है जिनके

अनुसार भूपटल पर पर्वतों का निर्माण घरातलीय क्षैतिज गति के कारण भूपटल में तिकुहन तथा मरोड़, ऐंठन एवं बलन होने से हुआ है। यह वर्ग अधिक सङ्गत है तथा इसके अन्तर्गत सम्मिलित किये गये सिद्धान्तों के कुछ अंश अधिक विश्वासजनक हैं। 2. दूसरे वर्ग के अन्तर्गत उन सिद्धान्तों का अध्ययन किया जाता है जिनके अनुसार पर्वतों का निर्माण लम्बवत् या ऊर्ध्वाकार गति के द्वारा हुआ माना जाता है। यहाँ पर प्रत्येक वर्ग का संक्षिप्त विश्लेषण प्रस्तुत किया जा रहा है।

1. लम्बवत् गति पर आधारित सिद्धान्त—सर्वप्रथम 1930 ई० में हरमन महोदय ने बताया कि पर्वतों का निर्माण भूपटल (Crust) के नीचे उत्पन्न लम्बवत् गतियों के फलस्वरूप होता है। इसी आधार पर इन्होंने पर्वत-निर्माण का "दोलन तरंगित सिद्धान्त" (The undulation and oscillation theory) का प्रतिपादन किया है। हरमन के अनुसार पर्वत-निर्माण दो क्रियाओं के फलस्वरूप होता है। प्रथम क्रिया अर्थात् "प्रारम्भिक भूगर्भिक निर्माण" के अनुसार भूपटल ऊपर उठता है तथा दूसरी क्रिया—"भूगर्भिक निर्माण क्रिया" के कारण भूपटल-अवध में एकत्रित अवसाद में ऊर्ध्व-संचलन (Vertical movement) होने से पर्वतों का निर्माण होता है। इसके अलावा बेतोल विलित तथा बेमौलीन महोदयों ने हरमन के सिद्धान्त का समर्थन किया परन्तु कुछ सुधार तथा परिवर्तन के साथ। वर्तमान समय में इस सिद्धान्त के समर्थक कम हैं तथा इसको मान्यता नहीं मिलती है। परन्तु प्लेट विवर्तन सिद्धान्त के अनुसार अभिसरण मण्डल के सहारे वैश्टिल से मेगमा के ऊपर उठने से भी पर्वतीय निर्माण की बात कही गई है।

2. क्षैतिज अथवा पारिवर्तक गति पर आधारित सिद्धान्त—जैसा कि ऊपर स्पष्ट किया जा चुका है कि इस सिद्धान्त के अनुसार घरातलीय अथवा क्षैतिज संचलनों द्वारा भूपटल में चलन होने से ही पर्वतों का निर्माण होता है। इस वर्ग के अन्तर्गत भी कई विचारधाराएँ प्रचलित हैं तथा ये मुख्य रूप से क्षैतिज गति के उत्पन्न होने तथा उसके कार्यान्वित होने की प्रक्रिया से सम्बन्धित हैं। इस वर्ग को दो उपश्रेणियों में रखा जा सकता है। 1. प्रथम वर्ग के अन्तर्गत उन सिद्धान्तों को सम्मिलित

1. Mountain building on one hand is localized in particular periods of time and on the other hand is confined to certain localized region separated by wide areas of less disturbance.

2. संचलन।

किया जाता है जिनमें क्षैतिज गति पृथ्वी के आन्तरिक भाग में उत्पन्न होने वाली शक्ति से प्रेरित होती है। उदाहरण के लिये “सम्पादन तरंग सिद्धान्त” (Convection current Theory) को उपस्थित किया जा सकता है। 2 दूसरे वर्ग के अन्तर्गत उन सिद्धान्तों का अध्ययन किया जाता है जिनमें क्षैतिज गति पृथ्वी की पपड़ी में उत्पन्न होती है। उदाहरण के लिये “संकुचन सिद्धान्त” (Contraction Theory)। इस क्षैतिज गति के उत्पन्न होने के आधार पर इस वर्ग को पुन दो उप भागों में विभाजित किया जा सकता है। 1. प्रथम वर्ग के अन्तर्गत क्षैतिज गति भूपटल में संकुचन उत्पन्न होने से होती है। 2 द्वितीय वर्ग के अनुसार इस गति का आविर्भाव “महाद्वीपीय प्रवाह” के कारण होता है। इन दो वर्गों का यहाँ पर संक्षिप्त उल्लेख किया जा रहा है—

1 संकुचन सिद्धान्त (Contraction Theory)—वास्तव में “पृथ्वी के ठंडा होने की क्रिया पर आधारित संकुचन सिद्धान्त सर्वाधिक परिचित तथा सर्वविदित सिद्धान्त है तथा कुछ हद तक आंशिक रूप में प्राज्ञ भी है।” यद्यपि संकुचन सिद्धान्त की कटु आलोचना की गई है तथापि इसमें पर्वत-निर्माण के विषय में कई विज्ञान-जनक तथ्यों का बोध होता है। लेखक के उपर्युक्त व्यक्तिगत विचारों का यह तात्पर्य नहीं है कि लेखक संकुचन सिद्धान्त का समर्थक है। वास्तव में संकुचन सिद्धान्त में भूपटल की कई समस्याओं का निराकरण नहीं हो पाता है। कहीं-कहीं पर तो सिद्धान्त एकदम अग्राह्य है। इन तथ्यों का उल्लेख जेफ्रीज के “तापीय संकुचन सिद्धान्त” की व्याख्या के समय किया जायगा।

सर्वप्रथम संकुचन सिद्धान्त का प्रतिपादन अमेरिका के भूगर्भवेत्ता डाल्टन ने 1847 ई० में तथा यूरोप के भूगर्भशास्त्री डाल्टन की ब्यूमाउच ने 1852 ई० में किया था। संकुचन सिद्धान्त सामान्य रूप में पृथ्वी के शीतल होने की प्रक्रिया पर आधारित है। अपनी उत्पत्ति के बाद पृथ्वी के ऊपरी भाग से धीरे-धीरे विकिरण द्वारा ताप का ह्रास होता गया जिस कारण पृथ्वी शीतल होने लगी तथा एक निश्चित समय के बाद पृथ्वी की ऊपरी पपड़ी पूर्ण रूप से शीतल हो गयी परन्तु उसके नीचे की परतों में क्रमानुसार ताप ह्रास होने से शीतलता आने लगी। इस प्रकार ऊपर की पपड़ी नीचे शीतल होने से सिकुड़ती हुई परत से बड़ी होने के कारण उसके ऊपर ध्वस्त (Collapse) होने लगी। इस कारण ऊपरी

पपड़ी में झुरियाँ पड़ जाने के कारण पर्वतों का निर्माण हुआ माना जाता है। कोबर, टी० सी० चेंबरलिन, स्टेल, एडवर्ड स्वेत्त महोदय आदि विद्वान इस मत के समर्थक हैं। वर्तमान समय में संकुचन सिद्धान्त मन्थ नहीं है क्योंकि इस सिद्धान्त का मूलभूत आधार (पृथ्वी का विकिरण द्वारा ताप ह्रास होने से शीतल होना) ही रेडियो सक्रिय तत्वों (Radioactive elements) के आधार पर गत प्रमाणित हो जाना है। विद्वानों ने कई ऐसे रेडियो सक्रिय पदार्थों का पता लगाया है जिनके विघटन तथा वियोजन से पृथ्वी के आन्तरिक भाग में ताप उत्पन्न होती रहती है। अब पृथ्वी के शीतल होने का प्रश्न ही नहीं उठता है। इस सिद्धान्त का प्रमुख आगम यह है कि पृथ्वी के शीतल होने से उसमें संकुचन होता है जिससे उत्पन्न क्षैतिज तथा पार्श्विक गतियों से पर्वत-निर्माण होता है।

2 महाद्वीपीय प्रवाह-सिद्धान्त (Continental Drift Theory)—इस विचारधारा का विषय वार्त महाद्वीपीय तथा महासागरों की उत्पत्ति तथा प्लेट विवर्तनिकी वाले अध्यायों में किया जा चुका है। यहाँ पर यह पुन जान लेना आवश्यक है कि यह सिद्धान्त “संकुचन सिद्धान्त” का कट्टर आलोचक है। महाद्वीपीय भागों में प्रवाह तथा विस्थापन होने से क्षैतिज पार्श्विक गतियाँ उत्पन्न होती हैं जिनमें सम्पीडन होने पर पर्वतों का निर्माण होता है। यहाँ पर समस्या केवल महाद्वीपीय प्रवाह की प्रक्रिया की है। अर्थात् किस रूप में तथा किस शक्ति से प्रेरित होकर महाद्वीपीय प्रवाह होता है? महाद्वीपीय विस्थापन (Continental displacement) सिद्धान्त के प्रायः प्रत्येक विद्वानों ने महाद्वीपीय प्रवाह के लिये अलग-अलग शक्तियों का प्रतिपादन किया है। उदाहरण के लिये बेगनर का “प्रवाह सिद्धान्त” वगैरह की ज्वारीय शक्ति तथा गुरुत्वाकर्षण की शक्ति (Differential gravitational force) एवं प्लवनशीलता की शक्ति (Force of buoyancy) पर आधारित है। इनमें प्रथम शक्ति के कारण महाद्वीपीयों का पश्चिम की ओर तथा दो अन्य शक्तियों द्वारा भूमध्यरेखा की ओर या उत्तर की ओर प्रवाह हुआ है। इसी प्रकार ओतो महोदय का “प्रवाह-सिद्धान्त”, रेडियो-सक्रिय पदार्थों की शक्ति पर, डेली महोदय का सिद्धान्त गुरुत्वाकर्षण शक्ति से प्रेरित होकर महाद्वीपीयों के विभक्तने की शक्ति पर तथा बार्बर होड्स का सिद्धान्त भूगर्भ में सम्वाहनीय धाराओं पर आधारित है।



अब समस्या उठती है कि नया उपर्युक्त वर्णित शक्तियाँ पर्वत-निर्माण में पूर्णतया महायुक्त हुई हैं ? इस समस्या का समाधान तथा उस पर आलोचनात्मक विवरण अभी दिया जा सकता है जब कि प्रत्येक मिद्वान्त का विश्लेषण अलग-अलग कर लिया जाय। हाँ, इतना अवश्य कहा जा सकता है कि वर्तमान समय तक विभिन्न विद्वानों द्वारा वर्णित पर्वत-निर्माणकारी शक्तियाँ भूपटल के पर्वतों की उत्पत्ति को पूर्ण रूपेण बताने में असमर्थ ही हैं क्योंकि अब तक किसी भी ऐसी शक्ति का उल्लेख नहीं किया जा सका है (प्लेट विवर्तन सिद्धान्त को छोड़ कर) जो कि इस समस्या का निदान पूर्ण रूप से कर सके। सर्वप्रथम हम पर्वत-निर्माण से सम्बन्धित कुछ सिद्धान्तों का संक्षिप्त आलोचनात्मक विवरण उपस्थित करेंगे। प्रत्येक मिद्वान्त का विश्लेषण एक निश्चित प्रक्रिया तथा प्रणाली के अनुसार किया जायेगा। अर्थात् सर्वप्रथम यह देखना है कि मिद्वान्त के प्रतिपादक का उस सिद्धान्त के प्रतिपादन में मुख्य उद्देश्य क्या था ? प्रायः प्रत्येक विद्वान ने किसी न किसी उद्देश्य को लेकर तथा किसी समस्या विशेष के समाधान के लिए ही अपने मत का प्रतिपादन किया है। उदाहरण के लिए बेगनर महोदय का महा-द्वीपीय प्रवाह सिद्धान्त के प्रतिपादन के समय पर्वत-निर्माण की समस्या का उद्देश्य कदापि नहीं था। मुख्य उद्देश्य तो जलवायु में परिवर्तन कार्यान्वित हिमालीकरण की समस्या का निदान तथा बदस्पतियों (ग्लोसो-प्टेरीय) के वितरण से सम्बन्धित था। पर्वत-निर्माण की कल्पना तो बाद में आ गयी। इस प्रकार बेगनर के सिद्धान्त में पर्वत-निर्माण का उद्देश्य गौण था। यही कारण है कि मुख्य समस्या (पर्वत-निर्माण) का निदान इस सिद्धान्त के अनुसार नहीं हो पाता है।

मिद्वान्त के विश्लेषण का दूसरा शीर्षक सिद्धान्त में प्रयुक्त शक्ति से सम्बन्धित होगा। अर्थात् किसी विद्वान विशेष ने अपने सिद्धान्त में पर्वत-निर्माण के निम्न उत्तरदायी किम शक्ति का प्रतिपादन किया है। उस शक्ति की क्षमता का भी आलोचनात्मक विश्लेषण किया जायेगा। तृतीय शीर्षक सिद्धान्त की प्रक्रिया (Process of the theory) में सम्बन्धित होगा अर्थात् विमृत रूप में यह देखना है कि सिद्धान्त के बितने पहलू (Aspects) हैं तथा उन्हें उसके प्रवक्ता ने किम प्रकार क्रियान्वित किया है। इसी शीर्षक के अन्तर्गत प्रारम्भ में प्रवक्ता विशेष द्वारा प्रयुक्त मान्यताओं तथा कल्पनाओं (Axioms & deductions), जिनके ऊपर सिद्धान्त का

कार्य (Function of the theory) आधारित है का भी उल्लेख किया जायेगा। मध्य अन्तिम शीर्षक "मिद्वान्त की बालोचना" होगा। इस शीर्षक के अन्तर्गत मध्यम मिद्वान्त का मूल्यांकन तथा उसकी सामर्थ्य का विश्लेषण किया जायेगा। यद्यपि 1960 के बाद से प्लेट विवर्तन सिद्धान्त के आधार पर भूपटल के विभिन्न युगों में मभी प्रकार के पर्वतों के निर्माण की समस्या का निदान हो गया है तथापि ऐतिहासिक तथा शैक्षिक दृष्टिकोण से अन्य सिद्धान्तों का विश्लेषण आवश्यक है।

### (1) कोबर का पर्वतनिर्माणक भूतन्त्र सिद्धान्त (Kober's Geosynclinal Orogen Theory)

सामान्य परिचय (सिद्धान्त का उद्देश्य तथा प्रयुक्त शक्ति)  
प्रसिद्ध जर्मन भूगर्भवेत्ता कोबर ने अपनी पुस्तक "Der Bau der Erde" में भूपटल के विभिन्न भागों का क्रमबद्ध तथा तर्कपूर्ण विवरण उपस्थित किया है। कोबर ने अपने "भूतन्त्र सिद्धान्त" के आधार पर न केवल भूपटल के पर्वतों की उत्पत्ति की व्याख्या उपस्थित की है परन्तु पर्वत-निर्माण के सभी पहलुओं (उनकी रचना भूगर्भिक इतिहास तथा विकास आदि) का उल्लेख तो किया ही है साथ ही साथ महाद्वीपीय तथा महामार्गों की रचना एवं उनके विकास पर भी प्रकाश डाला है। कोबर का सर्वाधिक ध्यान प्राचीन दृढ़ भूखण्डों (Ancient rigid masses) तथा जल के चलक्षेत्र अर्थात् भूतन्त्रियों (Orogen) में सम्बन्ध स्थापित करने पर था। कोबर ने बताया है कि महाद्वीपों का विकास इन्हीं दृढ़ भूखण्डों तथा भूभ्रमणियों के सहयोग से हुआ है। इन दोनों के बीच सम्पर्क स्थापित करने वाली क्रिया पर्वतीकरण की रही है। अर्थात् दृढ़ भूखण्डों के प्रभाव में भूभ्रमणियों से पर्वतों का निर्माण होता रहा तथा इनका योग दृढ़ भूखण्डों के साथ होने से इनका आकार बढ़ता गया तथा महाद्वीपों का विकास सम्भव हुआ। इस प्रमुख समस्या बड़े पैमाने पर पर्वतों के निर्माण की है। जहाँ यह कहा जा सकता है, कोबर ने अपने "भूतन्त्र सिद्धान्त" के आधार पर पर्वतों के निर्माण की प्रक्रिया को सुलझाने का भरसक प्रयत्न किया है। वास्तव में कोबर के विशिष्ट पर्वत निर्माण-स्वतः, पर्वतों की उत्पत्ति की व्याख्या करता है। कोबर ने अपने सिद्धान्त में "मध्य पिण्ड" की कल्पना करके पर्वतीकरण को उचित ढंग से समझाने का प्रयास किया है तथा "मध्य पिण्ड" की यह कल्पना कोबर के विशिष्ट पर्वत निर्माण-स्वतः की अच्छी तरह व्याख्या करती है।

यद्यपि इस स्थान पर कई आलोचनाये उपस्थित की गई हैं तथा अनेक विद्वान् इस मत में सहमत नहीं हैं तथापि इतना तो निश्चयपूर्वक कहा जा सकता है कि कोबर के "मध्य पिण्ड" की सहायता में अल्पाइन तथा हिमालय पर्वतों की उत्पत्ति तथा विस्तार की सुविधापूर्वक समझाया जा सकता है। इसका उल्लेख आगे किया जायेगा। भूसन्नति तथा दृढ़ भूखण्डों के विस्तृत विवरण के लिए देखिये लेखक की पुस्तक "भौतिक भूगोल"।

कोबर के पर्वत-निर्माण का "भूसन्नति सिद्धान्त" निश्चय ही मकुचन-शक्ति पर आधारित है। जे० ए० स्टीयर्स के शब्दों में "कोबर निश्चय ही सकुचनवादी है, जिसके अनुसार सकुचन सम्पीडनात्मक बल के लिये प्रेरणात्मक शक्ति प्रदान करता है।" <sup>1</sup> अर्थात् पृथ्वी में सकुचन होने में उत्पन्न शक्ति में ही दृढ़ खण्डों (अग्रदेश-*Forelands*) में गति उत्पन्न होती है जिस कारण उत्पन्न सम्पीडन की शक्ति से भूसन्नति का भलवा बलित होकर पर्वत का रूप धारण कर लेता है। कोबर के अनुसार पृथ्वी की उत्पत्ति के साथ ही उसमें तापीय त्नाम के कारण शीतलता आने से सकुचन प्रारम्भ हो गया तथा यह सकुचन पृथ्वी के प्रारम्भिक इतिहास में लगभग लगातार रूप में हो रहा है। इसी सकुचन में समय-समय पर पर्वत-निर्माण के लिये उचित बल मिलता रहा है। इसी आधार पर कोबर ने पर्वत-निर्माण में चट्टानी व्ययस्था का प्रतिपादन किया है—यद्यपि पृथ्वी में सर्वत्र सकुचन होता रहा है। अतः समय-समय पर पर्वत निर्माण होता रहा। इस स्थान पर यह प्रश्न उठ सकता है कि यदि सकुचन लगातार चला आ रहा है तो पर्वत-निर्माण भी पृथ्वी के भूगर्भिक इतिहास के हर युग में होना चाहिये था, पर ऐसा नहीं है। इसके उत्तर में कहा जा सकता है कि सकुचन से उत्पन्न शक्ति सम्बन्धित समय तक एकत्रीकरण के फलस्वरूप प्रबल होने पर ही पर्वत-निर्माण कर सकती है।

सिद्धान्त के मुख्य आधार

'कोबर महोदय ने अनुमान जहाँ पर आज पर्वत दिखाई पड़ते हैं वहाँ पर प्रारम्भ में जल के चलेख से थे जिसे कोबर ने भूसन्नति या पर्वत-निर्माण-स्थल (*Oro-*

*gen*) बताया है। इन जलपूर्ण भूमसन्नतियों के चारों तरफ प्राचीन दृढ़ भूखण्ड (*Rigid masses—Kratogen*) थे। ये ही दृढ़ भूखण्ड वर्तमान महाद्वीपों के विकास के प्रमुख आधारभूत-तत्त्व थे। इन दृढ़ भूखण्डों के किनारों पर क्षेत्रीय पर्वतीकरण (भूसन्नति) में हुए हैं तथा प्रत्येक दृढ़ भूखण्ड का शनं शनं विस्तार हुआ है। कोबर ने समस्त ग्लोब का अध्ययन किया है तथा उनके विभिन्न भागों का उल्लेख किया है। कोबर ने मेसोजोइक युग में उत्तरी तथा दक्षिणी प्रशान्त-भाग को अलग-अलग इकाई माना है जो कि मध्यवर्ती प्रशान्त-भूमसन्नति द्वारा अलग होते थे। कोबर के अनुसार, इस प्रकार; उत्तरी तथा दक्षिणी प्रशान्तीय भाग दो अलग-अलग अग्रदेश के रूप में थे जिनका घिसगाव भूसन्नति द्वारा होता था। बाद में अग्रदेश डूब गये (*Foundered*) तथा अब प्रशान्त महासागर के रूप में हैं। कोबर द्वारा ग्लोब के विषय में उपस्थित किये गये विवरण के आधार पर आठ प्रमुख भाग अलग किये जा सकते हैं तथा इन्में प्रमुख हैं—1. अटलांटिक तथा हिन्द महासागर के कुछ भाग के साथ अफ्रीका, 2. भारत तथा आस्ट्रेलिया का भाग 3. युरेशिया, 4. उत्तरी पैसिफिक महाद्वीप, 5. दक्षिणी पैसिफिक महाद्वीप, 6. दक्षिणी अमेरिका तथा अंटार्कटिका।

इन दृढ़ भूखण्डों के बीच जल के चलेख अर्थात् भूसन्नति थी। कोबर के अनुसार भूमसन्नतियाँ लम्बे तथा चौड़े जलपूर्ण गर्त थीं। यहाँ पर उल्लेखनीय है कि कोबर की भूसन्नति, हाग महोदय की मैकरी भूसन्नति के विपरीत अधिक विस्तृत तथा चौड़ी थी।<sup>2</sup> परन्तु यदि मृदम दृष्टि में कोबर की भूसन्नति-कल्पना, पर्वतों के विस्तार की दिशा तथा प्रणाली के विचार, दृढ़ भूखण्डों तथा भूमसन्नतियों के सम्बन्ध एवं पर्वत-निर्माण की प्रक्रिया पर विचार किया जाय तो यह स्पष्ट हो जाता है कि कोबर के अन्तिम कार्य, हास-झाना तथा हाग महोदय के विचारों के प्रतिफल है परन्तु कोबर ने भी अपना मौनिक विचार प्रस्तुत किया है। इसी कारण से प्रायः यह कहा जाता है—'कोबर के विचार हास एवं झाना की प्राचीन भूसन्नति विकल्पना, जिसका आगे चतुरर हाग ने

1. Kober is definitely a contractionist contraction providing the motive force for the compressive stress"—Steers, J. A., *The Unstable Earth*, Page 151.

2. Kober's geosynclines' in which continuous sedimentation to form mountains took place, were long and wide water areas and very unlike the narrow troughs of Haug

विपरीत

सम्बद्ध न किया, पर्वतोंकरण पर उनके ध्येयगत विचारों के सम्मिश्रण है।<sup>1</sup>

यद्यपि वर्तमान समय तक भूगर्भवेदनाओं ने चार प्रमुख पर्वतीकरण के युगों (Periods of mountain building) का पता लगाया है परन्तु कोबर ने छ विभिन्न निर्माणकारी घटनाओं का उल्लेख किया है। उनमें से तीन घटनाएँ कॅम्ब्रियन युग से पूर्व घटित हुई मानी जाती हैं तथा इनके विषय में बहुत कम ज्ञान प्राप्त है। केवल उत्तरी अमेरिका में झीलों (Great Lakes) के पास प्रीकैम्ब्रियन पर्वतीकरण के उदाहरण मिले हैं। वर्तमान भूगर्भवेदना कोबर के छ पर्वतीकरण-व्यवस्था से महमन नहीं हैं। यद्यपि भूपटल पर पर्वत-निर्माण समकालिक (Contemporaneous) नहीं रहे हैं, परन्तु कोबर के अनुसार प्रत्येक पर्वत-निर्माण के समय एक ही प्रकार की घटनाओं के क्रम की पुनरावृत्ति होती रही है। कोबर ने प्रत्येक पर्वतीकरण में एक सामान्य प्रक्रिया का अवलोकन किया है। अर्थात् प्रायः प्रत्येक पर्वत निर्माण के पहले भूमन्तल की निर्माण होता है जिसमें लगाना अवसादीय निक्षेप तथा भूसन्तल की तनी का तलछटीय भार के कारण अवतलन होता है। अधिक जमाव हो जाने के बाद पर्वत-निर्माण का समय आता है जिस समय भूमन्तल के दोनों पार्श्व अथवा अप्रदेश एक दूसरे की ओर खिसकने लगते हैं जिस कारण में मोड़ों का निर्माण होता है। पर्वतीकरण के समय ही अत्यधिक सम्पीडन के कारण ज्वालामयी-क्रिया तथा ह्वास्तर की क्रिया होती है जिस कारण पर्वत की संरचना में अटि-मत्ता आने लगती है। पर्वत-निर्माण के बाद उसका अनाच्छादन (Denudation) प्रारम्भ हो जाता है जिस कारण उत्थित पर्वत घिस कर पेनीप्लेन (Peneplain) में परिवर्तित हो जाता है। इसके बाद पुनः भूमन्तल का निर्माण होता है तथा उपर्युक्त घटनाओं की पुनरावृत्ति होती रहती है। ये घटनाएँ प्रायः प्रत्येक युग में पर्वत-निर्माण में क्रियान्वित होती रहती हैं। कोबर के अनुसार दो पर्वत-निर्माणकारी युगों के बीच एक शान्तकाल (Period of quiescence) होता है, जिस समय पर्वत-निर्माण नहीं होता है।

#### सिद्धान्त की प्रक्रिया (Process of theory)

कोबर के अनुसार पर्वत-निर्माण की पहली अवस्था भूमन्तल के निर्माण की होती है तथा इस अवस्था में

पर्वतों के निर्माण के लिये आवश्यक मच की तैयारी होती है। इस अवस्था को “भूतमत्त अवस्था” (Lithogenesis) कहा जा सकता है। ये भूमन्तलियाँ जनपूर्ण मच होती हैं जो कि अधिक लम्बी तथा विस्तृत होती हैं। प्रत्येक भूमन्तल के दोनों पार्श्वों पर दृढ़ भूखण्डों की स्थिति होती है। इन्हें कोबर ने अप्रदेश बताया है। पार्श्ववेदनीय शक्तीय भागों के अपरदन के कारण अपने साथ दायित पदार्थों का भूमन्तल में निक्षेपण करना प्रारम्भ कर देते हैं। यह अवसादीय निक्षेपण लगभग एक निश्चित पद्धति के अनुसार होता है। इस प्रथम क्रिया को अवसादीकरण कहा जा सकता है। अवसादीय जमाव के कारण भार में वृद्धि होने में भूमन्तल की तली का धँसाव होने लगता है। इस तरह एक लम्बे समय तक अवसादीय जमाव तथा भूसन्तल के धँसाव होने रहने से भूमन्तल अत्यधिक गहरी हो जाती है तथा उसमें पर्वत-निर्माण के लिये आवश्यक तलछटीय पदार्थों का जमाव हो जाता है।

द्वितीय अवस्था में पर्वत-निर्माण प्रारम्भ हो जाता है। इसे पर्वत-निर्माणकारी अवस्था (Orogenesis) कहा जा सकता है। भूगर्भिक हलचल (पृथ्वी के संकुचन से प्रेरित होने के कारण भूसन्तल के दोनों स्थलीय पार्श्व अथवा अप्रदेश एक दूसरे के निकट खिसकने लगते हैं। [यहाँ पर स्मरणयोग्य है कि कोबर दोनों पार्श्वों के खिसकाव में विश्वास रखते हैं।] यह हो सकता है कि एक पार्श्व के खिसकने की गति दूसरे की अपेक्षा अधिक रही हो। इस प्रकार भूमन्तल के दोनों पार्श्वों के सङ्गामी की नोक के मध्य आग्नेय-माग्नेय पाम आने से भूमन्तल के तलछट पर बल पड़ता है। अर्थात् अप्रदेशों के पास सम्बन्ध के कारण उत्थन सम्पीडन की शक्ति के कारण भूमन्तल के तलछट में मुकुडन तथा भरोड़ (Squeezing) पड़ने लगता है जिस कारण भूमन्तल का मलबा चनिन होकर मोड़ों के रूप में बदन जाता है तथा भूमन्तल के दोनों किनारे वाले भाग पर दो पर्वत-श्रेणियों का आविर्भाव होता है जिसे कोबर ने रेन्डोरेट के नाम से अभिहित किया है।

कोबर के अनुसार भूसन्तल के तलछट का पूर्णतः या आंशिक रूप में चनिन होना सम्पीडन की शक्ति पर आधारीय होता है। यदि सम्पीडन की शक्ति सामान्य

1. Kober's views are, then, a combination of the old geosynclinal hypothesis of Hall and Dana, which was developed later by Haug, and his own views on orogenesis Steers, J. A. The Unstable Earth, Page 151.

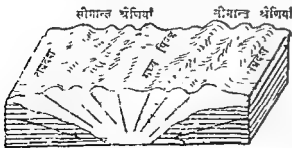
होती है तो कबल किनारे वाले भाग वलित होने हैं तथा दो पार्श्ववर्ती पर्वत-श्रेणियों (Ranqketten) का निर्माण होता है तथा बीच का भाग बलन की क्रिया में अप्रभावित रह जाता है। इस अप्रभावित भाग को कोबर ने स्वासिनबर्ग (Zwischengebirge) की सजा प्रदान की है। यहाँ पर लेखक इस मध्य पिण्ड (Median mass) के रूप में ही प्रयुक्त करना चाहेंगा। कोबर ने अपनी मध्य पिण्ड परिवर्तनता के लिये प्रायः सभी पर्वतों से उदाहरण प्रस्तुत किये हैं। इसका उल्लेख आगे चलकर विविध रूप में किया जायेगा। यहाँ पर इतना ही समझ लेना पर्याप्त होगा कि ह्यरी का मैदान कार्पेथियन आल्प्स तथा दिनारिक आल्प्स के मध्य एक मध्य पिण्ड का प्रमुख उदाहरण प्रस्तुत करता है। इस क्रिया के विपरीत जब सम्पीडन की शक्ति अत्यधिक तीव्र होती है तो भूमन्ति का समस्त तलछट वलित होकर माँ के रूप में बदल जाता है तथा कोई भी भाग बलन की क्रिया में अप्रभावित नहीं रह पाता है। इस अत्यधिक सम्पीडन के कारण दोनो अग्रदश पृष्ठापेक्ष एक दूसरे के पास हो जाते हैं जिन्हें कारण परिवलन मोड़ के कारण पुनर्वीकरण में जटिलता आ जाती है। फलस्वरूप एक-जटिल बनावट का सृजन होता है जिन नार्वे (Narve) कहा जाता है। श्विडजर लेण्ड-विश्व जाल्म में इस प्रकार की जटिल बनावट के निदर्शन बड़े पैमाने पर होते हैं। इस प्रकार की बनावट (Narve) में एक मोड़ दूसरे मोड़ पर चढ़ जाते हैं जिस परिवलन मोड़ (Recumbent folding) कहा जाता है। जब तक मोड़ की श्रृंखला टूट कर दूसरे मोड़ पर चढ़

(हेल्वेटिक श्रृंखलाएँ, पौलाटोड श्रृंखलाएँ आस्ट्रायड श्रृंखलाएँ तथा डिनाराइड श्रृंखलाएँ) का पता लगाया जा चुका है। यहाँ पर एक बात स्मरणीय है कि मध्य पिण्ड पठार, मैदान या जलमय सागर या किसी भी उच्च भाग के रूप में हो सकता है।

कोबर ने दो प्रकार की गतियों (Movements) का उल्लेख किया है। ऊपर वर्णित गति को पर्वत निर्माण गति (Orogenic movement) कहा जाता है जिसका कार्य-स्थल भूगमनतिषा, (Geosynclines—'orogen') होता है जिनमें पर्वतों का निर्माण हैतिल गति में होता है। इसके विपरीत स्थलीय भागों पर घटित होने वाली गति को क्राटोजनिक गति (Kratogenic from kratogen stable areas) कहा जाता है। प्रथम गति में भूगमनतियों में अधिक गहराई तक बलन तथा स्वाभ्यन्तरण होता है परन्तु द्वितीय गति में स्थलीय भागों पर सम्बन्धित गति के कारण दरार तथा फटन (Rifts and fractures) का निर्माण होता है। इसके अन्तर्गत सागरीय अतिव्रमणीय अवसाद (Tarnsgressional sediments) का दायाँ बाग के बलन को भी सम्मिलित किया जाता है। उदाहरण के लिये यूरोप पर्वत को उप-स्थित किया जा सकता है। जाल्म का निर्माण प्रथम प्रक्रिया के अनुसार हुआ है।

कोबर का मध्य पिण्ड तथा पर्वत (Median Mass and the Mountains)

कोबर ने अपने विशिष्ट मध्य पिण्ड (Typical median mass) के आधार पर भोडार पर्वतों की संरचना को स्पष्ट करने का प्रयास किया है। कोबर के अनुसार मध्य पिण्ड के आधार पर यूरोप के अल्पाइन पर्वत-श्रृंखला को भली-भाँति समझा जा सकता है, यहाँ पर संक्षेप में हम कोबर के अनुसार आल्प्स का निर्माण पर दृष्टिपात करेंगे। देशीय भूगमनति के उत्तर में यूरोप का स्थान भाग (सबसे दक्षिण में कारिस्का पर्वत, दाना पर्वत के रूप में) तथा दक्षिण में अफीका का टूट भूखण्ड था। भूगमनिक हलचल के कारण दोनो अग्रदश आमन-सामने खिचने लगे तथा टीथीड का मतवा वलित होकर होकर जाल्म के रूप में परिवर्तित हो गया। अल्पाइन पर्वतों का सृजन दो पार्श्विक सम्पीडन की शक्ति द्वारा हुआ है तथा कोबर ने बताया है कि विभिन्न पर्वत-श्रेणियों में मोड़ की दो दिशाएँ (उत्तर तथा दक्षिण) स्पष्ट रूप में परिचित्रित होती हैं। अफीका के उत्तर की



(कोबर के आधार पर)

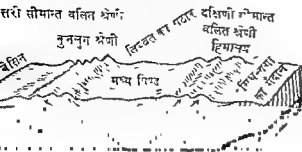
चित्र 159—कोबर के पर्वत-निर्माण के भूगमनति-सिद्धान्त का दाना डायग्राम द्वारा प्रदर्शन।

जाती है ता श्रृंखलाएँ (Nappes) का निर्माण होता है। आल्प्स क्षेत्र में इस प्रकार की कई श्रृंखलाएँ



कोबर द्वारा प्रस्तुत हिमालय क्षेत्र के मध्य पिण्ड को समझाया जा सकता है।

कोबर ने मुलुंग के मिदान्त में भी विश्वास प्रकट किया है। कोबर के अनुसार ऊँचे-ऊँचे पर्वत इसलिए भू-



चित्र 161—हिमालय तथा मुलुंग पर्वतों का (उत्तर में दक्षिण दिशा में) पार्श्व-चित्र। कोबर के मध्य पिण्ड सिद्धान्त का (निम्न के पठार द्वारा स्पष्टीकरण)।

पटल पर टिक हुए हैं कि उनका नीचे गहराई तक भूमि-घनत्व का पदार्थ मिलता है। पृथ्वी की सिकुटन में उत्पन्न दैनिक गति के कारण पर्वत का निर्माण होता है। इस क्रिया में एक स्थान पर अत्यधिक मात्रा में पदार्थ का संचय हो जाता है जिस कारण स्थानीय भाग का अवनतन होने लगता है। पर्वतस्वरूप भूस्मृति का निर्माण हो जाता है जिसमें पुनः जमाव तथा घर्षण होता रहता है तथा पर्वत-निर्माण का चक्र चलता रहता है। इस प्रकार यह स्पष्ट है कि कोबर ने अपने भूस्मृति निर्माण सिद्धान्त तथा मध्य पिण्ड की प्रकृतिपत्ता द्वारा पर्वत-निर्माण की व्याख्या करने का एक मूल प्रयास किया है।

### सिद्धान्त का भूव्यापक

यद्यपि कोबर का पर्वत-निर्माण सम्बन्धी सिद्धान्त पर्वत-निर्माण में सम्बन्धित कई तथ्यों का उचित उल्लेख करना है तथापि कुछ स्थलों पर कठिनातय उपस्थित हो जाती है। 1. सर्वप्रथम समस्या है पर्वत-निर्माण के लिए उत्तरदायी बल के सामर्थ्य की। यह समस्या प्रायः एक सामान्य समस्या है जिसका निराकरण किसी भी सिद्धान्त (प्लेट टेक्टोनिक सिद्धान्त को छोड़कर) द्वारा अब तक नहीं हो पाया है। क्या पृथ्वी के सिकुटन से उत्पन्न सिकुचन की शक्ति इतनी प्रबल हो सकती है जिससे कि स्थल-चण्ड छिन्नककर आन्तर्गत तथा हिमालय जैसे उच्च तथा महान् पर्वतों का निर्माण कर सकते हैं? उत्तर

नकारात्मक ही हो सकता है। कोबर द्वारा वर्णित बल द्वारा पर्वत-निर्माण का होना उचित नहीं जान पड़ता है। 2. दूसरी समस्या है बल के कार्य करने की दिशा की। कोबर के अग्रदेश एक दूसरे की ओर क्रिसक्ते हैं तथा दोनों तरफ में आने वाली सम्पीडन की शक्तियों में वचन होता है। परन्तु स्वैस मरोन्दय इस तथ्य में महत्त्व नहीं है। स्वैस व अनुगार भूमन्ति के केंद्र एक ही पार्श्व में बन आता है अर्थात् भूमन्ति का एक ही स्थान पार्श्व में बनता है तथा दूसरा पार्श्व अपने स्थान पर स्थिर रहता है। स्वैस न मरकत वाल पार्श्व की घुट प्रवेश (Backland) तथा स्थिर पार्श्व को अग्रदेश बनाया है। इस प्रकार अग्रदेश, घुट प्रवेश में आने वाले सम्पीडन में अवरोध उत्पन्न करता है जिस कारण भू-सन्नि की लघुट वलित हाकर पर्वत का रूप धारण करती हैं। यदि हिमालय के निर्माण व विषय में कोबर तथा स्वैस के विचारों की सापेक्ष तुलना की जाय तो स्वैस का विचार सग के अधिक करीब लगता है। हिमालय का बड़ाकार रूप तथा मध्यवर्ती भाग का दक्षिण की ओर झुकाव इस तथ्य को दृष्टिगत करता है कि सम्पीडन की शक्ति का जायमान उत्तर अर्थात् अगगा-लैण्ड में हुआ तथा गोडवानापैण्ड अपनी जगह पर स्थिर था। प्रायद्वीपीय भाग की स्थिरता तथा उसका उत्तरी आकार ही हिमालय के बड़ाकार रूप के लिये उत्तरदायी बताया जा सकते हैं। प्लेट विवर्तन सिद्धान्त के आधार पर यह व्याख्या भी शक्य है क्योंकि भारतीय प्लेट अब भी उत्तर की ओर सरक रहा है। अतः अब कोबर का विचार स्वैस की तुलना में अधिक सही है। 3. कोबर के सिद्धान्त के आधार पर पश्चिम-पूर्व दिशा में विस्तृत पर्वतों का स्पष्टीकरण आसानी से हो पाता है। पार्श्वकर आन्तर्गत तथा हिमालय के सम्बन्ध में यह सिद्धान्त उचित लगता है परन्तु उत्तर में दक्षिण फैले पर्वतों (शरीज तथा एण्डोज) का स्पष्टीकरण इस सिद्धान्त के आधार पर अच्छी तरह नहीं हो सकता है। उत्तरी अमेरिका व पर्वतीकरण तथा भूगर्भिक वितरण के विषय में कोबर ने कई गहन धारणाओं का प्रतिपादन किया है। उदाहरण के लिये मिगमा नेवादा के चलन तथा राकी पर्वत के उत्क्रम के समय के अन्तर का कोबर ने उल्लेख नहीं किया है। 4. पर्वतों का निर्माण भूमन्तियों में हुआ माना गया है परन्तु इनके ठीक वितरण का समुचित उल्लेख नहीं किया गया है। उदात्त कठिनातयों के होते हुए भी कोबर के भूमन्ति-सिद्धान्त में शक्तियों के अग्र अधिक हैं तथा इन सिद्धान्त को वर्तमान समय में मान्यता

मिल रही है यदि इसे प्लेट विवर्तन मिथ्या के साथ मिलाकर देखा जाय।

## (2) जेफरीज का तापीय संकुचन सिद्धान्त

(Thermal Contraction Theory of Jeffreys)

सामान्य परिचय (मिथ्या का उद्देश्य तथा प्रयुक्त जक्ति)

जेफरीज महोदय ने भूपटल की प्रमुख आकृतियों की उत्पत्ति तथा विवर्तन के स्पष्टीकरण के लिए अपने तापीय संकुचन सिद्धान्त का प्रतिपादन किया है तथा इस प्रकार के सिद्धान्तों के प्रतिपादकों में आपका प्रमुख स्थान है। जेफरीज महोदय एक प्रमुख संकुचनवादी (Contractionist) तथा प्रवाह सिद्धान्त के बहुत आलोचक हैं। यद्यपि जेफरीज के इस तापीय संकुचन सिद्धान्त द्वारा भूपटल की विभिन्न आकृतियों (महाद्वीप सागर पठार आदि) पर प्रकाश पड़ता है तथापि सिद्धान्त के प्रतिपादक का प्रमुख उद्देश्य भूपटल के विभिन्न पर्वतों के निर्माण तथा उनके वितरण की व्याख्या करना ही था। महाद्वीपों के क्षैतिज विस्थापन (Horizontal displacement) तथा बेगनर एव डेलर के रूप में वर्णित महाद्वीपों के प्रसार में जेफरीज विश्वास नहीं करते हैं परन्तु सम्भवतः गति की स्वीकार करते हैं। इस प्रकार जेफरीज मोड्यार पर्वतों के निर्माण की समस्या का हल पृथ्वी में तापीय ह्रास द्वारा संकुचन के कारण ढूँढ़ते हैं। जेफरीज के अनुसार महाद्वीपों में विस्थापन तथा प्रवाह के लिए कोई भी बल समर्थ नहीं है। वर्तमान समय तक कई लेखकों द्वारा वर्णित प्रवाह सम्बन्धी बल पूर्णतया असमर्थ हैं तथा उनके द्वारा महाद्वीपीय विस्थापन कदापि नहीं हो सकता है। इस प्रकार महाद्वीपीय प्रवाह के लिए समर्थ बल में अभाव में पृथ्वी का ताप ह्रास द्वारा संकुचन ही भूपटल की विविध आकृतियों की भली प्रकाश व्याख्या कर सकता है। यहाँ पर यह उल्लेखनीय है कि जेफरीज का सिद्धान्त गणितीय सूत्रों तथा परिचय पर आधारित है तथा स्वतन्त्र रूप से इस सम्बन्ध में बहिन हो जाता है।

जेफरीज ने बताया है कि पृथ्वी के प्रारम्भिक इतिहास में ही उसके ताप में ह्रास हो रहा है जिस कारण पृथ्वी ठंडी होकर सिकुटनी जा रही है। इसी सिकुड़ने के कारण संकुचन बल द्वारा पर्वतों का निर्माण होता है। जेफरीज द्वारा प्रयुक्त बलों की दो वर्गों में रखा जा सकता है। 1. पृथ्वी अपने प्रारम्भिक बृहद् आकार में सिकुड़ने के कारण छोटी होती गई। इस प्रकार सिकुड़ने द्वारा बल (Force of contraction) उत्पन्न होता है। 2.

द्वितीय प्रकार का संकुचन पृथ्वी की परिभ्रमण गति में ह्रास होने के कारण उत्पन्न होता है। आज में लगभग 1600 000 000 वर्ष पहले पृथ्वी अपनी धुरी पर एक परिक्रमा 20 घण्टे में पूरा कर लेती थी। उस प्रकार प्रारम्भ में परिभ्रमण की गति अत्यधिक तीव्र थी परन्तु वर्तमान समय में एक परिक्रमा लगभग 24 घण्टे में पूर्ण होती है अर्थात् परिभ्रमण की गति में पर्याप्त ह्रास हुआ है। इस कारण पृथ्वी की भूमध्य रेखीय परिधि में संकुचन हुआ है जिस कारण पर्वत निर्माण में सहायता मिली है। यहाँ पर स्मरणीय है कि जेफरीज के सिद्धान्त का यह कमजोर स्थान है क्योंकि पृथ्वी की परिभ्रमण-गति में बलों में उत्पन्न संकुचन की शक्ति इतनी नगण्य नहीं होगी कि उसके आधार पर पर्वत-निर्माण की कल्पना करना सम्यक्ता से घरे होगा। अन्य सिद्धान्तों के समान ही जेफरीज द्वारा वर्णित पर्वत-निर्माण की शक्ति पर्याप्त नहीं है। इसका आगे चलकर उल्लेख किया जायेगा।

## सिद्धान्त की प्रक्रिया (Process of Theory)

जेफरीज के अनुसार पृथ्वी के अन्दर कई सकेन्द्रीय परतें (Concentric shells) पाई जाती हैं। जब में पृथ्वी तन्त्रावस्था में आई, तभी में उसमें ताप ह्रास होने लगा जिस कारण पृथ्वी ठंडी होने लगी। पृथ्वी का ठंडा होना पर्वत के बाद पर्वत के रूप में सम्भव होता है। पृथ्वी के ठंडा होने में उसमें सिकुड़न (Shrinkage) होगी जिस कारण पृथ्वी की व्यास तथा परिधि में कमी या ह्रास (Shortening) होता है। जेफरीज ने संकुचन द्वारा भूपटलीय ह्रास (Crustal shortening) का परिचय गणित के आधार पर किया है। यहाँ पर स्मरणीय है कि केवल पृथ्वी के ठंडा होने में ही संकुचन नहीं होता है बल्कि स्नायी चट्टान के स्फीकरण (Crystallization) के कारण तथा उसमें सम्मिलित जल एवं गैस के ह्रास के कारण भी संकुचन होता है। गणितीय परिचय के आधार पर जेफरीज ने बताया है कि पृथ्वी के बाह्य 400 किलोमीटर तब वाले भाग में 500 मेगैटो ताप के ठंडा होने में संकुचन होगा। उसके कारण व्यास में 20 किलोमीटर तथा परिधि में 130 किलोमीटर की कमी हो जायेगी। इसके बाद पुनः संकुचन होता है तथा जेफरीज ने गणना के आधार पर बताया है कि अधिकतम संकुचन के कारण परिधि में 200 किलोमीटर की कमी तथा घूर्णतलीय क्षेत्रफल में  $5 \times 10^{16}$  वर्ग सेण्टीमीटर की कमी हुई है। यहाँ पर उल्लेखनीय है कि संकुचन द्वारा उपयुक्त पृथ्वी की परिधि

तथा धरातलीय क्षेपण भी बरसों धरान नहीं है तथा औसत परिवर्तन में अत्रिा रम है।

जेकरीज के अनुसार पृथ्वी के धरातल में 700 किलोमीटर की गहराई तक ही ताप-दाब के कारण पृथ्वी भीतल होती है। धरातल में 700 किलोमीटर के बाद वाला भाग (केंद्र तक) इस परिवर्तन में अप्रभावित रहता है क्योंकि वहाँ पर ताप उतना अधिक है कि पृथ्वी के भीतल होने का प्रश्न ही नहीं उठता है। एक बात और स्मरणीय है कि पृथ्वी के भीतल होने की क्रिया परत के रूप में होती है तथा प्रत्येक ऊपरी परत अपनी निचली परत की अपेक्षा पहले तथा तांत्र कति न भीतल होती है। अतः प्रत्येक ऊपरी परत में निचली परत की अपेक्षा मकुचन अधिक होता है। प्रत्येक ऊपरी परत मत्र तक मकुचन होती रहती है मत्र तक कि उक्त नीचे वाली परत में मकुचन में बाधा उपस्थित नहीं होती है। वास्तव में ऊपर वाली मकुचित होने वाली परत के मकुचन में नीचे वाली गर्म तथा कम म्बुडता वाली परत द्वारा र्कावट होती है। अतः ऊपरी परत का मकुचन उसके केंद्राव तथा पतला होने (Spreading & thinning) से ही सम्भव हो पाता है।

उपर्वुक्त प्रक्रिया के जागर पर (अर्थात् प्रत्येक ऊपरी परत अपनी निचली परत की अपेक्षा अधिक भीतल होती है) यह स्पष्ट है कि धरातल की सबसे ऊपरी परत सबसे पहले भीतल तभी परन्तु भीतल होने की एक सीमा होती है जिसके बाद परत और भीतल नहीं हो पाती है। अतः ऊपर वाली परत पूर्णतया भीतल हो जाती है तथा उसमें पुनः भीतलता नहीं आ सकती है। परन्तु हमारे नीचे पृथ्वी का भीतल जाना जारी रहता है। इस प्रकार ऊपरी परत नीचे वाली ठंडी होती हुई परत में अधिक बड़ी हो जाती है। चूंकि ऊपरी परत की निचली परत पर आधारित होने पड़ता है अतः ऊपरी परत नीचे वाली परत पर गुरुत्व शक्ति तथा दबाव द्वारा ध्वस्त होने लगती है। इसके विपरीत नीचे वाली परत निरन्तर भीतल होती रहती है तथा यहाँ पर ठंडा होने की क्रिया सर्वाधिक होती है परन्तु पृथ्वी का अन्दरतम अधिक ताप के कारण भीतल होने की क्रिया से पूर्णतया अप्रभावित रहता है। इस प्रकार अधिक भीतलता वाली परत नीचे जाते जाते अन्तरतम में उतनी छड़ी हो जायगी कि उस पर फिट नहीं हो सकती है। इस प्रकार ऊपरी तथा निचली परतों के बीच एक क्षेत्र पैदा होगा जहाँ पर मकुचन इस प्रकार का होता है कि वह मध्यवर्ती

परत निचले भाग के साथ मापञ्जस्य स्थापित कर सके तथा उस पर फिट हो सके। इस प्रकार की स्थिति वाले भाग को तनावहीन स्तर या तनावहीन तल (Level of no strain) कहते हैं। इस तनावहीन स्तर के ऊपर वाली परत उनकी बड़ी होती है कि वह निचले भाग पर फिट नहीं हो सकती है। अब ऊपरी परत को नीचे की परत में फिट होने न दिये अवकाश रहने के लिए म्बुडता घटाना पड़ता है जिस कारण ऊपरी भाग में दबाव की स्थिति पैदा हो जाती है। ऊपरी परत मकुचन कर निचली परत पर प्ररम हो जाती है। इस कारण दबाव में अत्रिावृद्धि होती है तथा पर्वतों का निर्माण होता है। इस विपरीत तनावहीन स्तर के नीचे की परत उनकी छड़ी होती है कि उसका मापञ्जस्य स्थान न म्बुडता पड़ता है जिस कारण तनाव की स्थिति (State of stress) पैदा हो जाती है। तनावहीन स्तर के ऊपर वाली परत में इस प्रकार म्बुडता में उमर प्राप्त में बनी है। जाती है जिस कारण क्षैतिज सम्पीडन की शक्ति (Horizontal compressive forces) का जाविर्भाव होता है जिससे प्रेरित शक्ति भूपटल पर उमर का निर्माण होता है। तनावहीन स्तर के नीचे वाली परत में तनाव तथा त्रिबाव के कारण भ्रमन तथा फटन (Faults and cracks) का निर्माण होने से बटुलें टूट जाती हैं जिस कारण ऊपरी परत पुनः नीचे की ओर म्बुडता के विधे प्रेरित होती है तथा पूर्व स्थिति मात्रा में उन्धान होता है तथा इसी दिति से पुनरावृत्ति न कारण अन्ततम अन्तलीय भागा का निर्माण होता है। ऊँचे उठे भाग पर्वतों का रूप धारण कर लेते हैं।

### पर्वत-निर्माण का त

पर्वतों का निर्माण उपर्वुक्त प्रक्रिया के जागर पर मदीव नहीं होता है। जेकरीज ने बटुलों के लचीलपन (Elasticity) तथा दबाव का प्पाद र्क कर बताया है कि पर्वतों का निर्माण कुछ मामलों में ही होता है। मकुचन के कारण उपर्वुक्त तनाव तथा दबाव की शक्ति का मग्ध होता रहता है तथा यह क्रिया तत्र तत्र म्बुड रहती है जब तक कि यह मामूली शक्ति बटुल की शक्ति से अधिक नहीं हो जाती है। इस अवस्था (अत्यधिक दबाव तथा तनाव का मकुचन) के प्राप्त हो जाने पर वमन तथा भ्रमन प्रारम्भ हो जाता है तथा पर्वत-निर्माण की क्रिया प्रारम्भ हो जाती है। जब तनाव तथा दबाव (Stress) दीना पड़ जाता है या कम हो जाता है



तो पर्वत-निर्माण की हलचल रूख जाती है तथा बलन की क्रिया समाप्त हो जाती है। इस प्रकार जेफरीज ने पर्वत-निर्माण-काल की स्पष्ट व्याख्या प्रस्तुत की है। उपर्युक्त क्रिया जहाँ पर्वत-निर्माण व घटित होने के समय वो पर्वत निर्माण-काल कहा जाता है। इसके विपरीत तनाव तथा दबाव से क्षीले पड़ जाने पर जब पर्वत निर्माण रुक जाता है तो उसे शांत-काल (Period of quiescence) कहा जाता है। पुन तनाव तथा दबाव की अवधि का संचयन प्रारम्भ हो जाता है तथा जब यह ज़ेप-अवधि से अधिक हो जाती है तो द्वितीय पर्वत-निर्माणकाल प्रारम्भ हो जाता है जिसके बाद पुन तनाव के क्षेत्रों का काम हो जाने से पर्वत-निर्माण रुक जाता है। एवं शांत-काल आ जाता है। यही क्रिया बार बार घटित होती रहती है। इसी कारण से दो पर्वत-निर्माण-कालों के मध्य एक शांत-काल होता है। जेफरीज के अनुसार उपर्युक्त क्रियाओं की पुनरावृत्ति (Repetition) के कारण ही भूपटल के सभी पर्वतों (प्राचीन या अर्वाचीन) का निर्माण हुआ है। इन आधार पर जेफरीज ने बताया है कि पृथ्वी के भूगर्भिक इतिहास में इस प्रकार की पाँच पर्वत-निर्माण-कारी घटनाएँ घटित हो चुकी हैं। जेफरीज ने पर्वत-निर्माण की एक प्रमुख समस्या (पर्वत-निर्माणकाल तथा शांत-काल) का स्पष्टीकरण करने का भग्मक प्रयत्न किया है, परन्तु कई दोष भी हैं जिनका जागे उल्लेख किया जायेगा।

#### पर्वत-निर्माण-स्थल

जेफरीज ने यह भी बताया है कि पर्वत-निर्माण, चट्टान के स्वभाव अर्थात् उनकी शक्ति पर आधारित होता है। जहाँ पर चट्टानें अधिक कठोर तथा कम लचीली होती हैं वहाँ पर तनाव तथा दबाव के कारण छगन के अधिष्ठ अवसर होने हैं क्योंकि चट्टानें टूट जाती हैं। अतः इन क्षेत्रों में पर्वत-निर्माण नहीं हो पाता है। इसके विपरीत मुलायम तथा लचीली चट्टानों वाले भाग में ही पर्वत-निर्माण होता है। पर्वतों की ऊँचाई तथा विस्तार भी मुख्य रूप से चट्टानों के स्वभाव पर ही आधारित होता है।

#### शक्ति की दिशा

जेफरीज ने पृथ्वी के विभिन्न भागों के जीतल होने तथा सकुचन की प्रक्रिया का भी उल्लेख किया है। आपके अनुसार सर्वत्र जीतल होने की गति तथा सकुचन की मात्रा समान नहीं होती है। महाद्वीपीय भागों की

संरचना हल्के पदार्थों अर्थात् गिवाल (Sial) से हुई है परन्तु सागरीय नितल का निर्माण भारी पदार्थों खामकर बेसिक (Basic) चट्टानों से हुआ है। इस प्रकार निश्चय ही सागरीय नितल की चट्टानें महाद्वीपीय भागों से अधिक कठोर हैं। महासागरीय भागों में ठंडा होने की गहराई महाद्वीपीय भागों से अधिक थी। इस प्रकार सागरीय भागों में जीतल होने की क्रिया महाद्वीपीय भागों में अजिह थी। चूँकि सागरीय नितल की चट्टानें अधिक कठोर हैं तथा जीतल होने की गति अधिक है अतः महासागरीय में उत्पन्न दबाव की गति स्थलीय स्थलीय भाग की ओर होगी न कि स्थलीय भाग से जलीय भाग की तरफ। यहाँ पर स्मरणीय है कि अधिकांश विद्वान दबाव की शक्ति की दिशा स्थलीय भाग से सागरीय भाग की ओर बताते हैं परन्तु जेफरीज ने यहाँ पर एक विभिन्न तथ्य का उल्लेख किया है। इस प्रकार सागर के स्थल की ओर सक्रिय होने पर स्थलीय भाग के विनारे पर पर्वतों का निर्माण हो जाता है।

#### पर्वतों की दिशा

जेफरीज ने भूपटल के पर्वतों के विस्तार तथा उनकी दिशा की भी सफल व्याख्या उपस्थित की है। उनसे अनुसार शक्ति का आगमन सागरीय भागों से महाद्वीपों की ओर हुआ है तथा शक्ति की दिशा सम्भवतः स्थलीय भाग के

साथ संख रूप से कार्यान्वित हुई।

→	स्थल
जल	/

इस प्रकार पर्वतों का निर्माण सागरीय भागों में सम्मानान्तर हुआ है। इस सिद्धान्त के आधार पर दक्कन तथा एण्डोल पर्वतों की दिशा को भली प्रकार स्पष्ट किया जा सकता है क्योंकि उत्तर से दक्षिण दिशा में उन्नते तथा दक्षिणी अमरिश ज पश्चिमी तटीय भाग पर विस्तृत ये पर्वत प्रशान्त महासागर के समानान्तर ही बनाये जा सकते हैं। परन्तु आल्प्स तथा हिमालय पर्वतों की दिशा इस सिद्धान्त के आधार पर स्पष्ट नहीं हो पाती है। यह जेफरीज के सिद्धान्त का एक निर्वन दोष है। जेफरीज के पास इस समस्या के निराकरण के लिये कोई उत्तर नहीं है।

#### महाद्वीपीय-प्रवाह (Continental Drift)

जेफरीज ने महाद्वीपों तथा महासागरों की तली के स्थायित्व का समर्थन किया है। चूँकि जेफरीज मरीय एक सकुचनवादी विचारधारा के समर्थक हैं अतः वेगनर तथा डेलर के समान प्रतिपादित महाद्वीपीय प्रवाह-विचारधारा आपके सिद्धान्त के एकदम विपरीत है। इससे

होते हुए भी जेफरीज न ध्रुवीय भ्रमण (Movements of the poles) का उल्लेख किया है। आप के अनुसार भूगर्भिक इतिहास में पृथ्वी की ध्रुवीय अक्ष रेखा (Polar axis) ने पृथ्वी कक्ष (Orbit) तल की तुलना में कुछ परिवर्तन अवश्य हुए हैं। क्या इस आधार पर भूपटल में छोटे पैमाने पर धरातलीय प्रवाह की सम्भावना की जा सकती है? अगर विशेष रूप में देखा जाय तो ध्रुवों का स्थानान्तरण छोटे पैमाने पर भूपटलीय-प्रवाह द्वारा ही सम्भव हो सकता है। परन्तु जेफरीज द्वारा समस्त भूगर्भिक इतिहास में ज्वारीय रगड़ (Tidal friction) के कारण ध्रुवों का स्थानान्तरण केवल 5° तक ही सीमित रहा है। इस प्रकार जेफरीज के अनुसार जहाँ तक क्षैतिज प्रवाह का प्रश्न है, महाद्वीप तथा महासागर समस्त-भूगर्भिक इतिहास में स्थायी रहे हैं। किसी भी प्रकार का धरातलीय (क्षैतिज रूप में) विस्थापन या स्थानान्तरण (Displacement) नहीं हुआ है।

परन्तु जेफरीज ने लम्बवत या ऊर्ध्वदिशि धरातलीय गति (Vertical movement) में विश्वास किया है। इस समस्या के निराकरण के लिये जेफरीज ने स्थल-संतुलन परिकल्पना (Land bridge hypothesis) का प्रतिपादन किया है। उन्होंने बताया है कि प्राग्भूत म समीप भूगर्भिक स्थल-संतुलन द्वारा एक दूसरे में मिलन या जुड़े हुये थे। बाद में उन स्थल-संतुलनों के डूब जाने से जल तथा स्थल भागों का विचलन हो गया। यहाँ पर जेफरीज की इस विचारणा में बड़ी दोषपूर्ण तथ्य भी सम्मिलित है तथा कई विद्वानों ने ना इस परिकल्पना को आधारहीन बताया है। यह सर्वमान्य तथ्य है कि पृथ्वी का ऊपरी भाग निचले भाग की अपेक्षा हल्के पदार्थों से बना है तथा महाद्वीपीय भाग स्थल (Sial) का बना है जो महासागरीय तली के सीमा (Sima) में हल्का है। अतः संतुलन के सिद्धान्त के अनुसार हल्के पदार्थों (Land bridge) का भारी पदार्थों में डूबना असम्भव है (प्लेट विवर्तन सिद्धान्त के आधार पर यह सम्भव है)। अतः इस आधार पर जेफरीज की स्थल-संतुलन परिकल्पना निराधार प्रमाणित की जाती है। परन्तु यदि यह मुद्दा माना जाय कि 20 किलोमीटर मोटी परत धातवी बौक्सी-साइट चट्टान का रबीकरण होने से उसका परिवर्तन इक्लोजाइट (Eclogite) चट्टान में हो जाय तो बिना संतुलन में अव्यवस्था उत्पन्न हुए 3-6 विषोमीटर की गहराई तक की गर्त बन सकती है। इस रूप में स्थल-

संतुलन के डूबने की समस्या मुलतः सक्ती है। इस क्रिया के कारण अर्थात् मियालिक भाग (Land bridge) के डूबने में कुछ भागों पर सागरीय गिनल में मियालिक चट्टान का जमाव हो जायगा। अटान्टिक महासागर की तली में मियालिक चट्टान मिलती है। इस परिकल्पना के आधार पर अटान्टिक की तली की समस्या (यह स्मरणीय है कि महासागरों की तराई की रचना बेसिक (Sima) चट्टानों में हुई है) का निराकरण भली प्रकार हो जाता है। यहाँ पर कुछ प्रश्न उठाये जा सकते हैं। यदि धरातलीय भागों में क्षैतिज विस्थापन तथा प्रवाह नहीं हुए हैं तो वनस्पतियों तथा जीवों के वितरण को किस प्रकार समझाया जा सकता है? इस प्रश्न के उत्तर में बताया जा सकता है कि वनस्पतियों व जीवों तथा जीवों के अण्ड आदि का स्थानान्तरण सागरीय जल-धाराओं द्वारा हुआ होगा। यहाँ पर स्मरणीय है कि इस प्रक्रिया में अनुमान रखन छोटे-छोटे जीवों के ही वितरण को समझाया जा सकता है।

सिद्धान्त का सूझावन (पर्वत निर्माण में सम्बन्धित प्रश्न तथा जेफरीज द्वारा उनका समाधान)—यद्यपि जेफरीज ने अपन सिद्धान्त को कई प्रमाणों तथा उदाहरणों द्वारा प्रमाणित करने एवं पृथ्वी की विभिन्न स्थलाकृतियों की समस्याओं को मुलमाने का भरमक प्रयत्न किया है तथापि सिद्धान्त का प्रत्यक्ष हल पर बिरोध किया गया है तथा कुछ विद्वानों ने (प्रास्तव महाद्वीपीय प्रवाह व समर्थकों ने) तो उन्हें आधारहीन तथा महत्वहीन करार दिया है। वास्तव में संकुचन तथा प्रवाह सिद्धान्त एवं दोनों के इतने विपरीत हैं कि उनमें से किसी एक को मान्यता देना तब तक उचित नहीं जान पड़ता जब तक कि विश्वव्यापी प्रमाणों का एकत्रीकरण न हो जाय (वर्तमान समय में प्लेट विवर्तन सिद्धान्त के आधार पर महाद्वीपीय प्रवाह एवं वास्तविकता हो गया है)। जेफरीज के पर्वत-निर्माण सम्बन्धी विविध पहलुओं पर प्रश्न उठाये गये हैं परन्तु जेफरीज ने उन प्रश्नों के उत्तर देने का भरमक प्रयास किया है।

1. पर्वत निर्माण के लिये प्रतिपादित शक्ति अपूर्णा है—जेफरीज ने पृथ्वी में संकुचन द्वारा उत्पन्न जिन शक्ति द्वारा पर्वतों की उत्पत्ति की व्याख्या की है वह शक्ति इतनी पर्याप्त नहीं है कि भूपटल के वर्तमान पर्वतों की निर्माण-प्रक्रिया को समझा सके। आर्पें होम्स ने गणना के आधार पर बताया है कि जेफरीज द्वारा कल्पित

पृथ्वी में सकुचन के कारण धरातलीय क्षेत्र में जो कमी या ह्रास होता है उसमें, पर्वत-निर्माण नहीं हो सकता है।<sup>1</sup> इस प्रश्न के उत्तर में जेफरीज ने बताया है कि धरा-तलीय चट्टानों का बलन, भूपटलीय क्षेत्र के वास्तविक ह्रास (True shortening of the crust) में भिन्न है। अर्थात् बलन क्रिया, परतदार चट्टानों की मोटी परतों के एकत्रीकरण (एक दूसरे पर—Pilling) का प्रतिकार है। यद्यपि पृथ्वी की भ्रमण-गति में प्राचीन काल में पर्याप्त ह्रास हुआ है परन्तु इस क्रिया से (परि-भ्रमण गति में कमी के कारण पृथ्वी की ध्रुवों में कमी) इतनी शक्ति उत्पन्न नहीं हो सकती जिससे कि पर्वतों का निर्माण हो सके। इस प्रकार हम देखते हैं कि जेफरीज ने पर्वत-निर्माण के लिए वा. विधियों में उत्पन्न जिस सकुचन शक्ति का प्रतिपादन किया है, वह पर्वत-निर्माण के लिये पर्याप्त नहीं है। अतः मिद्धान्त की शुरुआत ही विवाद का विषय है।

2 महाद्वीपों तथा महासागरों के वितरण में समानता होनी चाहिए—जेफरीज ने इस सकुचन मिद्धान्त के अनुसार पृथ्वी में चारों तरफ मिडुउन तथा सकुचन हुआ है क्योंकि पृथ्वी के गोलार्ध होने की क्रिया सकेन्द्रीय परतों के रूप में घटित हुई है। इस आधार पर महाद्वीपों तथा महासागरों के वितरण में समानता होनी चाहिए परन्तु वर्तमान समय में यदि इनके वितरण पर ध्यान दिया जाय तो उत्तरी गोलार्ध में स्थल की अधिकता तथा दक्षिणी गोलार्ध में जल की अधिकता है। इसी प्रकार सर्वत्र महाद्वीपों के आकार में समानता होनी चाहिए क्योंकि जेफरीज के अनुसार सर्वप्रथम पृथ्वी में सकुचन द्वारा महाद्वीपों तथा महासागरों का ही निर्माण हुआ था। चूंकि सकुचन सर्वत्र बराबर रहा होगा अतः स्थलीय भागों का विस्तार सर्वत्र समान रहा होगा। परन्तु हमने विपरीत यदि एक तरफ एशिया जैसा सबसे बड़ा महाद्वीप है तो दूसरी ओर आस्ट्रेलिया जैसे सबसे छोटा महाद्वीप। इस प्रकार जेफरीज का सकुचन मिद्धान्त महाद्वीपों तथा महासागरों के विषय में गलत धारणा देता है।

3 पर्वतों की स्थिति महासागरों के समानान्तर होनी चाहिए—भूपटल के पर्वतों के विषय में एक निश्चित प्रणाली पायी जाती है। अधिकांश पर्वत उत्तर में दक्षिण

तथा पूर्व में पश्चिम दिशा में पाये जाते हैं परन्तु जेफरीज के अनुसार पर्वतों का वितरण महाद्वीपों के निर्माण में समान के समानान्तर होता चाहिए। यद्यपि रानी तथा एण्टीज पर्वतों का विस्तार दृग् मिद्धान्त के अनुसार स्पष्ट हो जाता है परन्तु आल्प्स तथा हिमालय की स्थिति तथा फैलाव की दिशा को इस मिद्धान्त के आधार पर स्पष्ट नहीं किया जा सकता है। इस प्रकार जेफरीज का तालीय सकुचन मिद्धान्त पर्वतों के वितरण की समझान में (महो जय में) अयोग्य है।

4 विशाल पर्वतों का निर्माण नहीं हो सकता है—जेफरीज ने पृथ्वी की जिस सकुचन शक्ति के आधार पर विशाल पर्वतों के निर्माण की व्याख्या प्रस्तुत की है, उसमें इतने विशाल पर्वतों का निर्माण कदापि नहीं हो सकता है। इसके विपरीत छोटे-छोटे बलन (Minor folds & minute puckers) का ही निर्माण हो सकता है क्योंकि मिडुउन द्वारा मृत्तियों के पड़ने की ही अधिक सम्भावना रहती है तथा झुर्रियों से छोटे-छोटे पर्वतों का ही गूजन सम्भव है न कि अत्यधिक विस्तृत पर्वतों का।

5. पर्वत सर्वत्र होने चाहिए—चूंकि तालीय सकुचन मिद्धान्त के अनुसार पृथ्वी में सकुचन सकेन्द्रीय परत (Concentric shells) के रूप में हुआ है अतः मिडुउन तथा सकुचन पृथ्वी पर चारों तरफ हुआ होगा। इस आधार पर पर्वतों का गूजन सर्वत्र हुआ होगा तथा वर्तमान समय में भूपटल पर सर्वत्र पर्वत मिलने चाहिए, परन्तु वास्तविकता यह है कि पर्वतों का निर्माण एक निश्चित प्रणाली के अनुसार हुआ है तथा यह क्रिया भूपटल के कुछ निश्चित क्षेत्रों में ही सीमित रही है। भूपटल पर पर्वत सर्वत्र नहीं मिलते हैं। इस समस्या के निराकरण के लिए जेफरीज ने बताया है कि पर्वत-निर्माण चट्टानों की शक्ति तथा उनकी लोक शक्ति पर आधारित है। बलन केवल ऊर्ध्व चट्टानों में सम्भव हो पाता है जो कि मुनायम तथा अधिक मजबूती होती है। इस प्रकार जेफरीज के अनुसार पर्वत सर्वत्र नहीं मिलते हैं।

6 पर्वतों के वितरण में निश्चित प्रणाली नहीं होनी चाहिए—यदि जेफरीज के मिद्धान्त के अनुसार पर्वतों का निर्माण पृथ्वी में मिडुउन तथा सकुचन द्वारा हुआ जान लिया जाय तो सभी पर्वत समान ऊँचाई वाले होंगे

1. Holmes has concluded that the calculated reduction of area is seriously in deficit of the amount to explain mountain building. An Outline of Geomorphology, by S. W. Wooldridge & R. S. Morgan Page 111. 1960

चाहिए जबकि वास्तव में यह बात नहीं है। इस समस्या के हल के लिए जेफरीज का कहना है कि बलन की मात्रा पूर्ण रूप से चट्टानों के स्वभाव पर आधारित होती है। अर्थात् कठोर तथा कम लचीली चट्टान कम बलन को सहन कर पाती है तथा उगभे फटन होने लगती है, अतः कम ऊँचे पर्वतों के निर्माण की ही सम्भावना रहती है। इससे विपरीत मुलायम तथा लचीली चट्टानों में बलन बड़े पैमाने पर होता है। अतः भूपटल पर कुछ क्षेपों में बड़े तथा ऊँचे पर्वत मिलते हैं तथा कुछ क्षेत्रों में कम ऊँचे।

इसी सिलसिले में दूसरा प्रश्न भी उठाया जा सकता है। यदि पर्वतों का निर्माण भूपटल में सकुचन द्वारा हुआ है तो पर्वत-निर्माण किसी निश्चित प्रणाली के अनुसार नहीं हुआ होगा। जेफरीज ने इस प्रश्न का उत्तर देने हुए बताया है कि पर्वतों का निर्माण निश्चित प्रणाली में होता है। चट्टानों पर लगातार शक्तियों के सकुचन से तीन सम्भावनाएँ हो सकती हैं—

(अ) पुराने बलन का विस्तार हो सकता है।

(ब) नये स्थान पर या पुराने बलन के पाम ही नवीन बलन का निर्माण हो सकता है।

(ग) बलन का दरार के रूप में फटन हो सकता है।

जेफरीज ने तीसरी सम्भावना को अस्वीकृत कर दिया है क्योंकि चट्टानें इतनी लचीली होती हैं कि अत्यधिक बलन हो सकता है कि बलन के टूटने से दरार का निर्माण। इसी प्रकार दूसरी सम्भावना के विषय में आपने बताया है कि नवीन स्थानों पर नये मोड़ों का निर्माण नहीं हो सकता है। इस प्रकार या तो पूर्व बलित पर्वत में ही उत्थान द्वारा विस्तार होगा अथवा पूर्व निर्मित प्राचीन पर्वतों के पाम गोल पर्वतों का सृजन होगा। इस तरह पर्वत सर्वत्र नहीं हो सकते हैं वरन् पहले के बल पर्वतों में ही विस्तार होने से बड़े-बड़े तथा ऊँचे पर्वतों का निर्माण होता है। समानान्तर पर्वत-श्रेणियों का निर्माण जेफरीज के अनुसार इन्हीं गोल बलन (Subsequent secondary folding) द्वारा होता है।

7 पर्वत निर्माण के युगों में अन्तर बढ़ना चाहिये—  
जेफरीज ने गणितीय परिकलन के आधार पर पृथ्वी के भूगर्भिक इतिहास में पाँच विभिन्न पर्वत-निर्माणकारी युगों की कल्पना की है। पर्वत-निर्माणकारी युगों की यह समस्या कुछ हद तक विभिन्न विद्वानों के मतों से भिन्न होती है परन्तु इनके बीच का अन्तर अथवा शान्त-काल जेफरीज के तारीखी सकुचन सिद्धान्त के आधार पर स्पष्ट

नहीं हो पाता है। पृथ्वी का शीतल होना उसके उत्पत्ति काल से ही प्रारम्भ हो गया था। अतः प्रारम्भ में शीतल होने की गति अधिक रही होगी परन्तु बाद में यह गति मन्द होती गई। इस आधार पर पर्वत-निर्माण के युगों के बीच का शान्त-काल बढ़ता गया होगा। परन्तु इस मत के कोई निश्चित प्रमाण नहीं है। अधिकांश भूगर्भ-वेत्ताओं के अनुसार पर्वत-निर्माणकारी युगों के बीच का अवकाश तथा अन्तर प्रायः समान रहा है। अतः यहाँ पर जेफरीज का तर्क अमान्य है।

8. यदि पृथ्वी का शीतल होना तथा सकुचन-क्रिया प्रारम्भिक काल में तीव्र तथा अधिक सक्रिय थी तो पृथ्वी के भूगर्भिक इतिहास के प्रारम्भ में पर्वत-निर्माण क्रिया अधिक सक्रिय रही होगी तथा पर्वत-निर्माण के युग भी प्रारम्भ में अधिक होने चाहिए थे। उनकी मध्या तथा सक्रियता क्रमशः घटती जानी चाहिये थी परन्तु वास्तव में यह सत्य नहीं है। पर्वत निर्माणकारी युगों का वितरण समान रहा है तथा दशमरी युग का पर्वतीकरण किसी भी युग के पर्वतीकरण से कम सक्रिय नहीं रहा है। आल्प्स तथा हिमालय पर्वतों का उत्थान निश्चय ही महान पर्वतीकरण का प्रतिफल है।

9 जेफरीज की पृथ्वी का सफेन्दीय परत के रूप में शीतल होने की कल्पना भी भ्रामक ही है। यह कोई आवश्यक नहीं है कि पृथ्वी उपर्युक्त रूप में ही शीतल हो। साथ ही साथ इस आधार पर (सफेन्दीय परत के रूप में शीतल होने पर) दो परतों के बीच (ऊपर वाली ठंडी हुई तथा उसके नीचे ठंडी होती हुई) अन्तर (Gap) का आभास होता है। गुरुत्व शक्ति (Gravity) के नियमानुसार इस तरह का अन्तर परतों के बीच नहीं रह सकता है। जैसा जैसा निचली परत शीतल होकर सिकुड़ती जायेगी, उसी प्रकार ऊपरी परत निचली परत पर व्यवस्थित (Adjusted) होती जायेगी। अतः परत के ध्वस्त (Collapse) होने का प्रश्न ही नहीं उठता है। जेफरीज का यह विचार कि ऊपरी परत का एकदम ठंडा हो जाने के बाद निचली परत शीतल होकर सिकुड़ने पर छोटी हो जाती है तथा ऊपर वाली परत निचली परत पर ध्वस्त हो जाती है कल्पना मात्र ही है क्योंकि ऊपरी परत ध्वस्त होने के लिये निचली परत का पूर्णतया शीतल होने की प्रतीक्षा नहीं करेगी वरन् निचली परत के सिकुड़ने के साथ ही साथ ऊपरी परत उस पर व्यवस्थित होती जायेगी। इस प्रकार जेफरीज का यह

मिद्धान्त पृथ्वी के तापीय इतिहास (Thermal history) के विषय में गहन धारणा देता है।

10. यदि टर्शियरी युग के अल्पाइन पर्वतीकरण पर ध्यान दिया जाय तो यह असम्भव सा लगता है कि आज से केवल 20 करोड़ वर्ष पहले पृथ्वी में इतना सकुचन हो गया कि हिमालय जैसे गगनचुम्बी पर्वत का निर्माण हो गया।

11. जेफरीज की स्थल-सेतु परिकल्पना (Land bridge hypothesis) भी भ्रामक एवं अशुद्ध है। सर्वप्रथम इस परिकल्पना में बाधक समस्या सतुलन की है। इतके पदार्थ वाले स्थलीय भाग का निचले भारी घनत्व वाले पदार्थ में डूबना सतुलन के सिद्धान्त के प्रतिवृत्त है। इस परिकल्पना के आधार पर बड़े-बड़े जीवों आदि के वितरण की समस्या का निदान नहीं हो पाता है।

### 3 डैली का खिसकते महाद्वीप का सिद्धान्त (Sliding Continent Theory of Daly)

**सामान्य परिचय**—डैली ने अपने खिसकते महाद्वीप" अथवा "सहादीप-किसलन" सिद्धान्त का प्रतिपादन सर्वप्रथम अपनी पुस्तक **अवर मोबाइल अर्थ** (Our Mobile Earth) में मई 1926 ई० में भूपटल की विभिन्न स्थलाकृतियों की व्याख्या करने के लिए किया। यद्यपि डैली ने भूपटल की प्रमुख आकृतियों के विषय में विवरण उपस्थित किया है तथापि उनका प्रमुख उद्देश्य पर्वतों के निर्माण की प्रक्रिया को स्पष्ट करना ही था। डैली ने अपने इस सिद्धान्त के आधार पर पर्वतों की विभिन्न समस्याओं (उत्पत्ति, क्रमिक उत्थान—(Successive upheavals), वितरण तथा उनके फैलाव की दिशा) को हल करने का प्रयास किया है। यद्यपि डैली के सिद्धान्त में महाद्वीपीय प्रवाह का अभाव मिलता है परन्तु इनका प्रवाह बेगनर अथवा टेलर के समान बड़े पैमाने पर नहीं हुआ है। डैली के सिद्धान्त में गुरुत्व शक्ति (Gravitational force) है अर्थात् महाद्वीपों या गुम्बदों का किमतीन प्रकारान्तर से पृथ्वी के गुरुत्व शक्ति द्वारा ही प्रेरित हुआ माना गया है। डैली का समस्त सिद्धान्त महाद्वीपीय भागों के नीचे की ओर फिसलने की गति पर आधारित है तथा इनका प्रमुख कारण पृथ्वी की गुरुत्वाकर्षण शक्ति रही है।<sup>1</sup>

डैली ने गुरुत्व शक्ति के अलावा, महाद्वीपीय प्रवाह के लिये प्रयुक्त अन्य किसी भी शक्ति का सहारा नहीं लिया है। इस प्रकार डैली का सिद्धान्त अन्य विद्वानों के सिद्धान्तों की अपेक्षा अधिक वैज्ञानिक, सरल तथा स्पष्ट है। यही कारण है कि इस सिद्धान्त के आधार पर पर्वत-निर्माण की प्रक्रिया को आसानी से परन्तु स्पष्ट रूप में समझा जा सकता है।

### सिद्धान्त की मान्यताएँ (Axioms of the Theory)

डैली ने अपने सिद्धान्त के प्रतिपादन के लिए कई मान्यताओं (Self proved facts or axioms) अथवा स्वतः सिद्ध प्रमाणों की कल्पना की है। यदि विशेष रूप से देखा जाय तो स्पष्ट हो जाता है कि डैली के सिद्धान्त का अधिकांश भाग तो उनके द्वारा स्वयं प्रमाणित तथ्यों पर आधारित है तथा प्रतिपादक को शेष भाग के लिये बहुत कम प्रमाणों का एकत्रीकरण करना पड़ा है। यहाँ पर यह स्मरणीय है कि डैली अपने स्वतः प्रमाणित तथ्यों के स्पष्टीकरण में उचित व्याख्या प्रस्तुत नहीं कर पाते हैं। ये यह मान कर चलते हैं कि इस प्रकार की स्थिति रही होगी—कौन हुई? इसका उत्तर डैली ने पाम नहीं है। यहाँ पर इन तथ्यों का उल्लेख उचित जान पड़ता है।

डैली ने स्वयं स्वीकार किया है कि गुरुत्व शक्ति पर आधारित उनका सिद्धान्त पूर्णतया पर्वतीकरण की समस्याओं का निराकरण कर सकता है। सर्वप्रथम डैली ने प्राग्भिक स्थल तथा जल के वितरण में विश्वास किया है। पृथ्वी की उत्पत्ति के बाद शीघ्र ही मौलिक तत्त्व पृथ्वी के ऊपर एक पपड़ी का निर्माण हो गया था जिसे इन्होंने आद्य पपड़ी (Primitive crust) बताया है। इसी प्रकार आद्य काल (Primeval days) में स्थल तथा जल का सुनिश्चित वितरण था। प्रारम्भ में पृथ्वी पर कठोर भागों का एक श्रृंखला-क्रम था तथा कठोर स्वमखण्ड भूमध्य रेखा तथा दोनों ध्रुवों के पाम स्थित थे जिन्हें डैली ने भूमध्य रेखीय तथा ध्रुवीय गुम्बद बताया है। इन स्वनीय ऊँच भागों के माध्य निचले भाग थे जिनमें जलीय भाग का विस्तार था। इस प्रकार दृढ़-भूखण्डों की इन तीन पेटियों के बीच मध्य अक्षांसीय

1 The key to the Daly's view is the idea that there has been a downhill sliding movement of the continental masses. In other words, the controlling factor has been gravity.

खाइ (Mid-latitude furrow) तथा आद्य प्रशान्त महासागर (Primeval Pacific Ocean) का विस्तार था। उन्हीं ने पुन बताया है कि इन दूढ़ भूखण्डों तथा प्रशान्त एवं मध्य अक्षांशीय खाई की तली का निर्माण उस पपड़ी (Crust) द्वारा हुआ था जिसका आदिर्भाव पृथ्वी के निर्माणकाल में ही रम्य तथा तरल भौतिक पृथ्वी के ऊपर हो गया था। यहाँ पर उत्प्रेक्षनीय है कि उन्हीं ने पृथ्वी की आन्तरिक सरचना का भी स्पष्टीकरण किया है। पृथ्वी की पपड़ी थाल्य की दृष्टि में सबस्ट्रेटम<sup>1</sup> (Substratum) की अपेक्षा भारी थी। अर्थात् ऊपरी पपड़ी की रचना ग्रेनाइट में हुई है तथा सबस्ट्रेटम की रचना काँचयुक्त बेसाल्ट (Glassy basalt) में। यहाँ पर स्मरणीय है कि उन्हीं ने अपने मत की पुष्टि के लिये ही (महाद्वीपीय भाग के किसलक नीचे डूबने के लिए—यदि आप पपड़ी की अधिच घनत्व वाली नहीं मानते तो उस समुद्रनल न अनुसार नीचे डूबना कठिन हो जाता) ऊपरी पपड़ी का नीचे की अपेक्षा अधिक घनत्व वाली माना है। परन्तु यह तथ्य वर्तमान समय में मान्य नहीं है क्योंकि भूकम्प-विज्ञान (Seismology) के प्रमाण के आधार पर जली का यह मत गलत टकराता है।

उन्हीं के अनुसार जल-वाष्प का स्तब्ध व आर्ध भाग पर विस्तार था तथा उत्तरी भाग में दृष्टीय भूमस्तिति आर्भित इतिहास में एक विशेष आकृति के रूप में विद्यमान थी परन्तु दक्षिणी गोताड़ों के विषय में कोई निश्चित अनुमान नहीं लगाया जा सकता है। इसी प्रकार प्रशान्त महासागर का अति प्राचीनकाल में ही एक निम्नत भाग पर विस्तार था परन्तु इसी इकाई उपरि की ध्याए जाने करके उनकी स्थिति का मानवर चलते हैं। इस प्रकार स्पष्ट है कि उन्हीं ने जल तथा स्थल गोताड़ों की कल्पना की है। इन्होंने पुन बताया है कि स्थल-भाग जल-भाग से ऊपर उठे हुए थे तथा भूमध्य रेखीय और ध्रुवीय गुम्बदों का युवाव या द्वार तथा अक्षांशीय खाई तथा प्रशान्त महासागर की गहराई।

सिद्धान्त की प्रक्रिया (Process of the theory)

हेलो न ऊपरी पपड़ी के ध्वस्त (Collapse and fall) होने की भी कल्पना की है। परन्तु इसके ध्वस्त होने की प्रक्रिया का उत्प्रेक्ष्य क्वी प्रकार नहीं किया है।

इसके विषय में यह सम्भावना व्यक्त की जा सकती है कि मौलिक तथा प्रारम्भिक बाह्य पपड़ी ताप की कुचालक रही होगी जिस कारण उसका धरातरीय ताप शीघ्र ही वर्तमान समय के दशक ताप के हो गया होगा परन्तु पृथ्वी के आन्तरिक भाग में गर्म-गर्म ताप का ह्रास होता गया जिस कारण पृथ्वी का आन्तरिक भाग ऊपरी भाग में अत्यंत शीघ्र मिकुडता गया होगा परन्तु चुनि ऊपरी पपड़ी को निचली पपड़ी पर आधारित होना ही है अतः वह नीचे की ओर ज्वस्त हो गई होगी। यहाँ पर यह उत्प्रेक्षनीय है कि ऊपरी पपड़ी का अत्यंत ताप तीन कारणों में सम्भव हुआ माना गया है। 1. पृथ्वी के केन्द्र में उत्पन्न गुरुत्व शक्ति द्वारा 2. सागरीय भाग के जलीय भाग द्वारा तथा 3. भूमस्तिति के तनूटटीय भाग द्वारा। यह स्मरणीय है कि गुरुत्व शक्ति का प्रभाव सागरीय तली के नीचे अधिक पड़ता है क्योंकि सागरीय तली महाद्वीपीय गुम्बद की अपेक्षा पृथ्वी के केन्द्र से अधिक नजदीक है। इस प्रकार कुछ कारणों द्वारा (उन्हीं द्वारा उत्प्रेक्ष्य नहीं करके परन्तु ऊपर कारण बताया गया है) पृथ्वी के गुरुत्व शक्ति द्वारा तथा सागरीय तली में नीचे की ओर पर्याप्त धक्का हो गया। इस प्रकार प्रथम भूस्तिति का निर्माण हुआ। जली के अनुसार मध्य अक्षांशीय खाई तथा प्रशान्त महासागर भूस्तिति के ही रूप में फैल गए थे। इन भूस्तितियों में मभीपर्वतों महाद्वीपीय गुम्बदों के अपरदन से प्राप्त अवसाद (Sediments) का निक्षेपण ज्ञान लगा। अब सागरीय तली में दो प्रकार के भाग बने लगे—प्रथम सागरीय जल के भाग में तथा द्वितीय उसमें निक्षेपित अवसादीय भाग में। इन प्रकार सागरीय तली का पुन नीचे की ओर घटका हुआ था।

सागरीय तली में निरन्तर नीचे की ओर गिरा हुआ दबाव तथा अन्य कारण से तली के प्रभाव होने से महाद्वीपीय उच्च भागों की ओर सैनिय<sup>2</sup> दबाव (Lateral pressure) का सृजित हुआ। Downward pressure in the oceanic beds caused lateral pressure on the continental masses' इस सैनिय दबाव में ऊँचे भूखण्डों के लिये आश्रय (Support) भी प्राप्त हुआ तथा इससे (सैनिय दबाव) कारण उंचे भूखण्ड चोटों गुम्बद के रूप में परिवर्तित हो गए। गुरुत्व शक्ति सागरीय जल तथा तनूटटीय भाग के कारण जैम जैम

1. अग्र स्तर।

2. पार्श्विक।

सागरीय तली का नीचे की ओर धँसाव होता गया जैसे-जैसे सैतिज दबाव के कारण गुम्बद के आकार में विस्तार होता गया तथा उसकी ऊँचाई बढ़ती गई। इस क्रिया के कारण अर्थात् गुम्बद की ऊँचाई बढ़ने के कारण ऊपर से भार हटका हो जाता है कि जिस कारण गुम्बद का अवसाद करने लगता है। गुम्बदीय अवसाद के फैलाव के कारण उमने-उड़ने में कमी होने लगती है। इस कमी का पूर्ण करने के लिये पृथ्वी के आन्तरिक भाग से अवसादीय वहाव (Flowage of sediments) प्रारम्भ हो जाता है। अर्थात् गुम्बदीय पदार्थों के भार की क्षति-पूर्ति के लिए सम्पीकृत सागरीय तली के नीचे में (जो कि अत्यधिक सम्पीकृत भाग होता है) भारी पदार्थ (Dense matter) बहकर गुम्बदों के नीचे आने लगते हैं। इस क्रिया के कारण गुम्बद के अन्दर भारी पदार्थों का संचयन होता रहता है तथा वहाँ पर अधिक पदार्थ गमन हो जाने हैं।

उपपन्न क्रिया की प्रत्यक्षता का कारण गुम्बदीय भाग में निरन्तर वृद्धि होती जाती है परन्तु गुम्बद के मध्यवर्ती भाग की अपेक्षा उसके किनारे वाले भाग में वृद्धि तथा विकास अधिक होता है। इस प्रकार गुम्बद के निरन्तर विस्तार के कारण दबाव का जाविर्भाव होता है जिसका असर भूसन्नति के नीचे सागरीय तली वाली पपड़ी पर पड़ता है। जैसे-जैसे गुम्बद का विस्तार होता रहता है, सागरीय तली पर दबाव बढ़ता जाता है परन्तु दबाव सहन करने की एक सीमा होती है। जब दबाव इस सीमा में अधिक हो जाता है तो सागरीय तली (पपड़ी) इन सहन नहीं कर पाती है तथा उम्भ पटन या टूटन (Rapture) प्रारम्भ हो जाती है। सागरीय तली में इस प्रकार की टूटन के कारण गुम्बद के किनारे वाले भाग टूट जाते हैं जिस कारण गुम्बद का आधम अथवा आधार (Support) हट जाता है। फलस्वरूप गुम्बद में अत्यधिक बलवर्ती तनाव की शक्तियाँ (Tensional force) कार्य करने लगती हैं। इस क्रिया के फलस्वरूप गुम्बद बड़े-बड़े खण्डों में टूट कर भूसन्नतियों की ओर फिसलने लगता है। इन खण्डों में फिसलने के कारण भूसन्नतियों के तलछट पर दबाव पड़ता है, फलस्वरूप भूसन्नति का अवसाद प्रवृत्ति होकर मोटा में बदल जाता है तथा प्रथम पर्वत का निर्माण होता है।

इसी के अनुसार गुम्बद का तथा सागर की तली के नीचे का भाग टूटकर नीचे की ओर प्रवाहित होता है तथा वह अधःस्तर (Substratum) में डूब जाता

है क्योंकि ऊपरी पपड़ी का घनत्व अधःस्तर की अपेक्षा अधिक होता है। इसके विपरीत भूमन्नति में निक्षेपित तलछट या अवसाद, भूसन्नति की तली के दृढ़ होने पर भी अधःस्तर में डूबना नहीं है बल्कि उस पर गैरता रहता है, क्योंकि भूमन्नति के अवसाद का घनत्व, अधःस्तर से कम होता है। इस स्थिति के कारण भूमन्नति का गमना अत्यधिक बलित होता है तथा पर्वतों का निर्माण होता रहता है। इस आधार पर यह बताया जा सकता है कि महाद्वीपीय खण्डों की जितनी ही अधिक फिसलन होगी, भूसन्नति के मलबा का उतना ही सम्पीकन (Compression) होगा तथा उतने ही ऊँचे तथा विस्तृत पर्वतों का निर्माण होगा। "ऐसी न पुन बताया है कि अधिक भार के कारण जब भूसन्नति की तली वाली पपड़ी में टूटन प्रारम्भ होती है तो इस पपड़ी का टूटा हुआ भाग अधःस्तर (Substratum) में डूबने लगता है तथा उसी समय अधःस्तर का कुछ भाग ऊपर की ओर भूसन्नति के तलछट के नीचे चट जाता है जिस कारण महाद्वीपीय खण्ड की फिसलन और अधिक होने-लगती है।

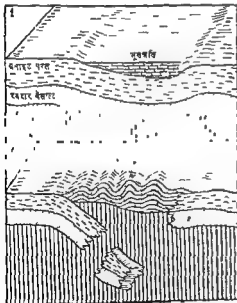
पर्वतों में पुनः उत्थान (Second Orogenesis)

इसी के पर्वतों के निरन्तर ऊँचे होने की क्रिया का भी स्पष्टीकरण किया है अर्थात् प्रथम बार में ही पर्वत का निर्माण नहीं हो पाता है बल्कि उसमें कई उत्थान होते हैं। उदाहरण के लिये जब अधिक भार के कारण भूसन्नति की तली टूट जाती है तो उसके टुकड़े नीचे तप्त ग्लामी बेसाइट में डूब जाते हैं। चूँकि नीचे ताप की मात्रा अधिक होती है अतः ये टुकड़े तप्त होकर पिघलने लगते हैं, जिनसे उनके आयतन में विस्तार होता है। इसी प्रकार फिसलते हुए महाद्वीपीय टुकड़ों के दबाव में जब भूसन्नति का मलबा बलित होता है तो उसका कुछ भाग तप्त अधःस्तर (Substratum) में पहुँच जाता है जहाँ पर गर्म होकर पिघलता है जिस कारण उसके आयतन में विस्तार होता है। उपर्युक्त दो क्रियाओं के कारण भूसन्नति का सम्पीकृत मलबा ऊपर की ओर उठने लगता है जिस कारण पर्वत में उभार होने लगता है तथा पर्वतीकरण के द्वितीय उत्थान की क्रिया प्रारम्भ हो जाती है।

वर्तमान पर्वतों के वितरण का समाधान

भूपटल पर वर्तमान पर्वतों का वितरण दो रूपों में पाया जाता है—उत्तर से दक्षिण महाद्वीपों के किनारे वाले भाग पर तथा पश्चिम में पूर्व। इसी के "महाद्वीपीय

फिसलन" सिद्धान्त के अनुसार पर्वतों के विनरण की समस्या का हल आसानी से हो जाता है। डेली के अनुसार भूपटल के पर्वतों का निर्माण महाद्वीपीय भाग के मांगरी (भूमग्नसिधो) की जोर-फिमलने से उत्पन्न दबाव द्वारा भूसन्नति के मलवा के दलित होने से हुआ है। इस आधार पर पश्चिम में पूर्व फैले हुए जापान हिमालय शृंखलाओं का निर्माण महाद्वीपीय भाग के मध्य अक्षांशीय खाई की जोर फिमलने से हुआ है तथा उत्तर से दक्षिण दिशा में फैले हुए राकीज तथा एण्डीज पर्वतों की उत्पत्ति महाद्वीपीय भाग के प्रशान्त महासागर की ओर फिमलने के कारण हुई है। इसी प्रकार पूर्वी एशिया के धनुषाकार मरीच द्वीपों का निर्माण एशिया महाद्वीप के प्रशान्त महासागर की ओर फिमलने से हुआ है तथा इसके द्वारा नीचे की ओर दबाव पड़ने से गहरे अपखड्ड (Fordeep) का निर्माण हो गया है। डेली का "यह सिद्धान्त पृथ्वी की सतह की प्रमुख समस्या—पर्वतों का निर्माण—को हल करने का एक प्रयास करता है तथा इसके आधार पर पर्वतों के विनरण की स्पष्ट व्याख्या हो जाती है।"



चित्र 162—डेली के पर्वत-निर्माण सिद्धान्त का ब्लॉक डायग्राम द्वारा प्रदर्शन।

### सागर एवं महाद्वीपों का निर्माण

जैसा कि ऊपर बताया जा चुका है, डेली ने स्थल एवं जल के वितरण की समस्या का भी उल्लेख करने

का प्रयास किया है परन्तु ये उचित प्रमाण प्रस्तुत नहीं कर पाते हैं। फलतः इनके विचार मुख्य रूप से मुझायात्मक (Highly suggestive) हैं। डेली मरीचय जोन्स (James Jeans) तथा जेफरीज के अनुसार पृथ्वी की उत्पत्ति को गर्भ में मानते हैं। मौलिक रूप में पृथ्वी वायव्य अवस्था में थी परन्तु बाद में जीवन होने लगी (जीव में तरंग एवं तप्त हो गई थी—इनके बाद जीवन होने की क्रिया प्रारम्भ हुई)। इस प्रकार डेली न बताता है कि पृथ्वी के प्रारम्भिक इतिहास में ही उसके धरातलीय भाग में अममानता आ गई थी परन्तु डेली इस असमानता की उत्पत्ति के कारण का उल्लेख नहीं करते हैं। अतः यह विषय एक सम्पन्नात्मक तथ्य ही कहा जा सकता है। इस विषय में दो मुझाव उपस्थित रहिये जा सकते हैं—1. यदि पृथ्वी की गैसीय अवस्था का परिवर्तन, द्रव अवस्था में तीव्र गति से हुआ होगा तो विभिन्न घनत्व वाले पदार्थों की अमानत व्यवस्था हो गई होगी तथा पृथ्वी का अन्तरगत भारी (Viscous) हो गया होगा। फलस्वरूप जल-घन का वितरण (दो गोलाओं के रूप में) हो गया होगा। 2. जीवन तथा पायनकेर के अनुसार पृथ्वी के चन्द्रमा के पृथक् होने से पृथ्वी का तल अमानत हो गया होगा। यह तथ्य अब सन्दिग्ध है।

जो भी हो, डेली पृथ्वी की प्रारम्भिक अमानत अवस्था में विश्वास करते हैं। डेली ने प्रारम्भिक काल में एक स्थल तथा एक जल भाग का विनरण को भी स्वीकार किया है। इस प्रकार प्रारम्भ में पृथ्वी पर एक मौलिक महाद्वीप, पैजिया (Pangaea) तथा एक मौलिक सागर, पैंथालसा (Panthalassa) था। डेली के अनुसार पैजिया एक गुम्बद के रूप में हो गया तथा फिमलने के कारण यह तीन खल पेटियों—उत्तरी ध्रुवीय भूखण्ड, दक्षिणी ध्रुवीय भूखण्ड तथा भूमध्यरेखीय भूखण्ड के रूप में विभाजित हो गया। मध्य अक्षांशों के मध्य दो खड्ड या खाई (Furrows) का निर्माण हो गया। उत्तर में टेथीज सागर था परन्तु दक्षिण में विषय में कम जान है। इस प्रकार डेली ने बताया है कि पैजिया के आधार पर पृथ्वी के विभिन्न भागों का जीव-जन्तुओं की व्याख्या स्पष्ट रूप में की जा सकती है। वर्तमान महासागरों का निर्माण दो रूपों में हुआ—दबाव तथा सनाव की शक्तियों द्वारा। प्रशान्त महासागर का आनिर्भाव निम्न ही दबाव की क्रिया से



हुआ है। अन्य मायगों का निर्माण तनाव या त्रिचान की शक्ति द्वारा हुआ माना गया है। डेली व अनुसार तनाव के कारण गुम्बदों का भाग कई भागों में विखण्डित हो गया तथा विभिन्न दिशाओं में इन भूखण्डों के विभाजने के कारण उनमें (भूखण्डों के) मध्य तनाव से निमित्त द्वारा (Tension rift) या तनाव-खड्ड बन गए। इन खड्डों में जल के संचयन से महासागरों का निर्माण हुआ। इस प्रकार से निमित्त महासागरों में हिन्द महासागर, अटलांटिक महासागर तथा आर्कटिक महासागर प्रमुख हैं। मध्य अटलांटिक कटक (Ridge) इस बात का प्रमाण है जहाँ पर तनाव द्वारा नवीन (अमेरिका) तथा प्राचीन महाद्वीप (यूरोप) फट कर एक दूसरे में जलम हो गये तथा मध्य का तनाव-खड्ड जलपूर्ण होकर अटलांटिक महासागर में बदल गया। इस प्रकार डेली द्वारा महासागरों के निर्माण की इस प्रक्रिया का आधार पर विभिन्न महासागरों की विपरीतता का नवी प्रकार स्पष्टीकरण हो जाता है। साथ ही साथ इस सिद्धान्त का ज्ञान पर जन-पक्षियों आदि के विज्ञान की समस्या का निदान भी हो जाता है तथा स्थल-सेतु (Land bridge) की समस्या ही नहीं रह जाती है। प्रो० स्टीयर्स के शब्दों में यह कहा जा सकता है—“यह परिकल्पना पृथ्वी के धरातल की एक प्रमुख समस्या जल-थल के वितरण की व्याख्या करने का प्रयास करती है।”<sup>1</sup>

#### मिद्धान्त का मूल्यांकन (Evaluation of the Theory)

अपि डेली का महाद्वीपीय किस्तल मिद्धान्त सर्वमान्य तथा गहन शक्ति पर आधारित है तथा पर्वतों के निर्माण की समस्याओं का निदान सरल रूप में करने का प्रयास करता है तथा यह मिद्धान्त पर्वत-निर्माण सम्बन्धी तथ्यों का सम्बन्ध (समन्वय) विवरण उपस्थित नहीं कर पाता है।<sup>2</sup> मिद्धान्त प्रतिपादक (Propounder) द्वारा उद्धृत निमित्त तथ्यों का विशद रूप में व्याख्या नहीं कर पाता है तथा मिद्धान्त के सिद्धांतिक एवं प्रायोगिक पक्षों में पर्याप्त अन्तर पाया जाता है।<sup>3</sup> मिद्धान्त का

अधिकार भाग प्रतिपादक द्वारा स्वयं सिद्ध (Self proved) मान लिया गया है तथा इन विषय में वनमान विद्वान महत्त्व नहीं है। इसका तात्पर्य यह नहीं है कि समूचा मिद्धान्त ही असत्य है मिद्धान्त का सही मूल्यांकन प्रमुख आलोचनाओं के बाद ही किया जायेगा।

1. डेली ने पृथ्वी की आन्तरिक बनावट के विषय में गहन विवरण उपस्थित किये हैं। इन्होंने बताया है कि ऊपरी पपड़ी का घनत्व अधःस्तर में अधिक होता है। यह विवरण वर्तमान भूकम्प-विज्ञान के साक्ष्यों के विपरीत है क्योंकि अब यह प्रमाणित हो गया है कि अधःस्तर का घनत्व निश्चय ही ऊपरी पपड़ी से अधिक है। जगता है, डेली ने अपने महाद्वीपीय खण्ड (पपड़ी के ही भाग) को डुबाने के लिये तथा सतुलन के मिद्धान्त में ध्वन के लिये ही अधःस्तर को कम घनत्व वाला माना है। परन्तु यह मत दृष्टिपूर्ण है।

2. डेली के मिद्धान्त की आधार शक्ति उनमें स्वतः प्रमाणित तथ्यों पर आधारित है। पृथ्वी की प्रारम्भिक पपड़ी असमान या वेदोंन बना हो गई तथा भूखण्ड जल की तरफ ढालू क्यों थे? प्रज्ञान महासागर का निर्माण कैसे हुआ? आदि प्रश्नों का सतोपजनक उत्तर डेली से प्राप्त नहीं हो पाता है, क्योंकि इन्हीं तो डेली महाद्वीप स्वयं सिद्ध मानकर चले हैं। वर्तमान जल एक घन के वितरण व विपरीत प्रारम्भिक विभिन्न वितरण की कल्पना की गई है परन्तु उनका स्पष्टीकरण नहीं किया गया है। इस प्रकार डेली व अधिकांश विचार कोरी कल्पनाएँ या अटकलें हैं जो कि वर्तमान समय में मान्य नहीं हैं।

3. इस मिद्धान्त द्वारा भूगर्भतः के विषय में गहन आशयों का प्रतिपादन दिया गया है। माधुराण रूप में भूगर्भतथ्यों, लक्ष्य मकने तथा अपेक्षाकृत उच्च जलीय भाग होती है। परन्तु इस माधुराण मत के विपरीत डेली महोदय ने मध्य जलाशय खड्डें (Mid latitude

- 1 The hypothesis however does make an attempt to explain the fundamental problem of the earth's surface, the distribution of land and water"—Steers, J. A., The Unstable Earth Page 192
- 2 Though the 'sliding continent theory' by Daly is based on the well known principle of the gravitational force and tries to explain the problems of mountain building in a simple manner yet it does not present a coherent account of the problem
3. The theory does not go into details and there is a wide gap between theoretical and practical aspect of the theory

furrows) तथा प्रशान्त महासागर को भूसन्नति के रूप में बताया है। यदि भूसन्नतियाँ इतनी अधिक विस्तृत तथा गहरी थीं तो महाद्वीपीय शुष्कदों से अपरदन द्वारा पदार्थों से इनका भरना असम्भव ही नहीं कल्पनातीत है। यदि यह विचार मान लिया जाय तो वर्तमान महासागर (आध्र महासागर, प्रशान्त-महासागर, हिन्द महासागर आदि) भूसन्नतियाँ ही हैं। परन्तु यह विचार नितान्त सृष्टिपूर्ण है। इस प्रकार डेली ने भूसन्नति के विषय में विद्वानों द्वारा प्रतिपादित सामान्य विशेषताओं का उल्लेख किया है तथा मूलतः विवरण उपस्थित किया है।

4 इतना ही नहीं, डेली ने पर्वत निर्माण की प्रक्रिया के विषय में मूलतः धारणाओं को जन्म दिया है। यह सिद्धान्त महासागरी (भूसन्नतियों, डेली के अनुसार) के विस्तार तथा गहराईयों तथा उनमें जमा होने वाले पदार्थों का विचार नहीं करता है, वरन् प्रत्येक महासागर से पर्वत निर्माण की आशा करता है। यदि इस विचार का मान लिया जाय तो यह भी माना जा सकता है कि वर्तमान महासागरों में पर्वतों का निर्माण हो सकता है। उदाहरण के लिये वर्तमान समय में प्रायः प्रत्येक महासागर या सागर में समीपवर्ती भागों में अनाच्छादन से न प्राप्त मलबा का निक्षेपण हो रहा है। इस सिद्धान्त के अनुसार किसी न किसी समय इन भागों से पर्वत-निर्माण की आशा की जा सकती है। यदि अटलांटिक महासागर को लिया जाय तो क्या इसमें पर्वत-निर्माण सम्भव है? यह स्पष्ट है कि यदि मध्य अमेरिका महाद्वीप (दोनों महाद्वीपों) का अपरदन हो जाय तथा उनका अटलांटिक महासागर में निक्षेपण हो जाय तो यह मलबा इतना अधिक नहीं हो मरेगा कि अटलांटिक महासागर भर जाय तथा उसमें पर्वतों का निर्माण हो सके।

5 सिद्धान्त में मुख्य शक्ति व परिवर्तन तथा उसकी प्रक्रिया (The mechanism and process of gravity) के विषय में भी मूल विचारों का उल्लेख किया गया है। किम स्थिति में मुख्य शक्ति द्वारा खिंचाव की प्रक्रिया का समापन होगा? तथा कब निश्चित रूप

से द्रुतन-क्रिया होगी? इन प्रक्रियाओं का स्पष्ट उल्लेख नहीं किया गया है। इस प्रकार एक घटना का दूसरी घटना के साथ सामञ्जस्य (Coincidence) नहीं हो पाता है। अर्थात् यह सिद्धान्त आणविक व्याख्या करता है न कि पूर्ण विवरण उपस्थित करता है।

6 यह सिद्धान्त ऐसे जन नवा जन के विवरण में विश्वास करता है जो कि सिद्धान्त के उद्देश्य की पूर्ति कर नके। इस प्रकार यह सिद्धान्त पूरी स्थान पर पहुँच जाता है जहाँ में प्रारम्भ हुआ था अर्थात् कोई विशेष निष्कर्ष नहीं निकल पाता है।<sup>1</sup>

7 अधिकांश आलोचकों ने डेली के पंजिया तथा पंथासता को कल्पित बताया है परन्तु आलोचक प्रोफेसर स्टोयर्स ने अनुसार टमबी आलोचना करना उचित नहीं है क्योंकि इस क्षेत्र में प्राप्त विवरण की कमी है। यदि महाद्वीपीय भागों का शुष्क के रूप में परिवर्तन हो गया होगा तो मुख्य शक्ति द्वारा उनका किमल अतिक्रियाशक्ति है तथा इसमें उत्पन्न गति बेगनर द्वारा प्रतिपादित गति की परक्षा महाद्वीपीय प्रवाह के लिये अधिक उपयुक्त होगी।

सारा—डेली के विचारों तथा उस पर की गई आलोचनाओं के विश्लेषण का बाद यह स्पष्ट हो गया है कि डेली का सिद्धान्त कुछ शक्तियों के साथ अधिक विश्वासजनक है। ऊत्तरिज तथा मार्गन व गर्डो से—  
"सिद्धान्त के पूर्ण अवलोकन की भावना अपरिपक्व होगी, परन्तु यह कहना उचित है कि प्राथमिक उठाव (Bulges) के कारण जिनमें किमल प्रारम्भ होती है, का सतोपजनक उल्लेख नहीं हुआ है।<sup>2</sup>

#### 4. होम्स का सवहन तरंग सिद्धान्त (Convention Current Theory of Holmes)

सामान्य परिचय—आर्थर होम्स न अपन सवहन तरंग सिद्धान्त का प्रतिपादन मन् 1928-29 ई० में धूपटल की आकृतियों की उत्पत्ति की समस्या व निराकरण के लिये किया था। यद्यपि पर्वत-निर्माण में सम्बन्धित कई परिकल्पनाओं तथा सिद्धान्तों का प्रतिपादन किया जा चुका है परन्तु होम्स के इस सिद्धान्त में पर्वत निर्माण की विभिन्न समस्याओं के विषय में अधिक

- 1 Thus the theory comes back to the same point from where it started—a circular reasoning
- 2 Complete rejection of the idea may be premature, but it is fair comment to say that the cause of primary "bulges" which start the slipping has in no sense been satisfactorily indicated." Wooldridge and Morgan, An Outline of Geomorphology Page 115, 1960

निम्नलिखित विवरण मिलते हैं—ऊलरिज तथा मार्गन के शब्दों में—“एक रूप प्रदान करने वाला एकमात्र सिद्धान्त, जिससे कि पर्वत-निर्माण तथा महाद्वीपीय प्रवाह से सम्बन्धित परस्पर विरोधी परिकल्पनाओं में सन्धि स्थापित करने की आशाजनक प्रतीति दिखाई पड़ती है, वह होम्स के कारण है”<sup>1</sup> वास्तव में होम्स ने एक नवीन सिद्धान्त का प्रतिपादन किया है जिसमें कई ऐम तथाओ का समावेश तथा स्पष्टीकरण किया है जिनका उल्लेख अन्य विद्वानों द्वारा नहीं किया गया है। होम्स का इस सिद्धान्त में प्रतिपादन का सर्वप्रमुख उद्देश्य पर्वत-निर्माण की प्रक्रिया की स्पष्ट व्याख्या उपस्थित करना था परन्तु पर्वत-निर्माण में सम्बन्धित ज्वालामुखी की क्रिया तथा स्फाटिकरण एवं महाद्वीपीय प्रवाह का भी उल्लेख किया गया है। होम्स के अनुसार धरातल के ऊपर कार्बोनिफेरस हिमानीकरण तथा ग्लोमोस्टीस वनस्पति के वितरण की समस्या के निदान के लिये महाद्वीपीय प्रवाह का होना आवश्यक है। यह सिद्धान्त पूर्ण रूप से पृथ्वी के अध-स्तर में उठने वाली सबहून तरंगों पर आधारित है तथा इन्हीं तरंगों जिनका उल्लेख आगे विशद रूप में किया जायेगा, के आधार पर स्थलीय भाग में खिंचाव दा तनाव होने में सागरों का आविर्भाव होता है तथा पुन दो स्थलों के एक दूसरे के समीप आने से दबाव की शक्ति से पर्वत का निर्माण होता है। पृथ्वी के अध-स्तर (Substratum) में सबहून तरंगों की उत्पत्ति का प्रमुख आधार वहीं पर रेडियो सक्रिय पदार्थों की स्थिति है। इन पदार्थों के विघटन तथा वियोजन से उत्पन्न ताप द्वारा सबहून धाराओं का आविर्भाव होता है। इस प्रकार होम्स से इन तथ्य (रेडियो सक्रिय पदार्थों के गुण—जिसका ध्यान जेफरीज आदि संकुचनवादी विद्वानों ने नहीं रखा, फल-स्वरूप अपने सिद्धान्त की आलोचनाओं का शिकार होने दिया) को अपने सिद्धान्त में सम्मिलित करके, न केवल अपने सिद्धान्त की आलोचनाओं से बचाया है वरन् अन्य विद्वानों की कमियाँ को दूर करके पर्वत-निर्माण के लिये एवं उपयुक्त सिद्धान्त का प्रतिपादन किया है।

### सिद्धान्त के मुख्य आधार

अपने सिद्धान्त के प्रतिपादन के पहले होम्स ने कई तथ्यों का उल्लेख किया है जिनमें इनके मत को प्रामाण्यता मिलता है। सर्वप्रथम होम्स ने पृथ्वी की संरचना

का परत-प्रणाली (Layering system) के रूप में उल्लेख किया है। होम्स ने अनुसार पृथ्वी की संरचना तीन परतों में हुई है—(1) ऊपरी परत जिम्की मोटाई 10 से 12 किलोमीटर तक है, ग्रैनीडायोराइट से निर्मित है। (2) मध्यवर्ती परत 20 से 25 किलोमीटर तक गहरी है तथा इसकी संरचना एम्फोबोलाइट (Amphibolite) से हुई है तथा (3) निचली परत का निर्माण इक्लोजाइट (Eclogite) से हुआ है। पुन इन तीन का वर्गीकरण दो भागों में किया गया है—(1) पृथ्वी की पपड़ी (Crust) जिम्की रचना ऊपरी परत, मध्यवर्ती परत तथा निचली परत के उन भाग से, जो कि खेदार (Crystalline) है, हुई है। (2) अध-स्तर (Substratum)—निचली परत के भाग को अध-स्तर बताया गया है—

पपड़ी { ऊपरी परत  
Crust { मध्यवर्ती परत  
          { निचली परत—अध-स्तर (Substratum)

होम्स ने पुन बताया है कि ऊपरी मियाल (Sial) की परत महासागरों के नीचे नहीं पाई जाती है। अटलांटिक महासागर तथा हिन्द महासागरों के कुछ भागों में आंशिक रूप या छिद्रयुक्त रूप में पाई जाती है वरन्तु मियालिक परत का विस्तार महाद्वीपों में सर्वत्र पाया जाता है। मध्यवर्ती तथा निचली परतों का विस्तार महाद्वीपों तथा महासागरों दोनों के नीचे क्रमबद्ध रूप में पाया जाता है। परन्तु महाद्वीपों के नीचे परतों की गहराई महासागरों की अपेक्षा अधिक है। त्रिपवत रेखा पर ध्रुवों की अपेक्षा अध-स्तर (Substratum) की मोटाई अधिक है।

उपयुक्त तथ्यों के बाद होम्स अध-स्तर में सबहूनिय तरंगों की उत्पत्ति की सम्भावना का उल्लेख करते हैं। सबहूनिय तरंगों की उत्पत्ति पट्टानों के रेडियो सक्रिय पदार्थों पर आधारित है। पट्टानों में वर्तमान रेडियो सक्रिय तत्वों के विघटन तथा वियोजन से ताप की उत्पत्ति होती है। होम्स के अनुसार पृथ्वी के विभिन्न भागों में इन तत्वों का वितरण असमान है। पृथ्वी के ऊपरी भाग में रेडियो सक्रिय पदार्थों का केन्द्रीकरण सर्वाधिक है तथा अध-स्तर में यह बहुत कम पाया जाता है। पृथ्वी के ऊपरी भाग में इन पदार्थों के सर्वाधिक

1. The only unifying theory which shows hopeful signs of reconciling certain of the, divergent hypotheses of mountain building and continental drift is that due to Holmes.”  
नहीं पृष्ठ 119.

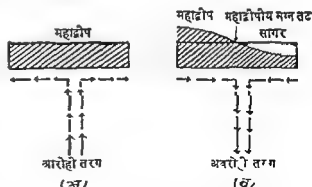
संचयन के होते हुये भी वहाँ पर ताप अधिक नहीं हो पाता है। पृथ्वी के ऊपरी सतह से संचालन (Conduction) तथा विकिरण (Radiation) द्वारा प्रतिवर्ष 60 कैलोरी प्रति वर्ग सेन्टीमीटर ताप का ह्रास हो जाता है। नष्ट हुई यह ताप की मात्रा ग्रेनाइट की 14 किलोमीटर मोटी परत, ग्रैनाइटोराइट की 16.5 किलोमीटर, 52 किलोमीटर मोटी पठारी बेसाल्ट अथवा ग्रेबो मीटर तथा 60 किलोमीटर मोटी पेरिडोटायट (Peridotite) की परतों में स्थिति रेडियो सक्रिय पदार्थों के विघटन तथा वियोजन से उत्पन्न ताप में बराबर होती है। होम्स ने गणितीय परिकलन के आधार पर बताया है कि पृथ्वी की ऊपरी परत में ताप की हानि की वृत्ति 60 किलोमीटर मोटी सतह द्वारा उत्पन्न ताप से हो जाती है। इस कारण पृथ्वी की ऊपरी सतह में अधिक ताप का संचयन नहीं हो पाता है। इसके विपरीत पृथ्वी के अग्र स्तर में यद्यपि रेडियो सक्रिय पदार्थों की कमी होती है तथापि इनसे उत्पन्न ताप तथा अग्र स्तर का भौतिक ताप इतना अधिक हो जाता है कि उससे सवहन तरंगों का आविर्भाव हो जाता है, क्योंकि अग्र स्तर के ताप का ह्रास संचालन अथवा विकिरण द्वारा नहीं हो पाता है।

पृथ्वी की पपड़ी के नीचे ओसत ताप प्रवणता (Gradient)  $3^{\circ}$  सेन्टीग्रेड होती है तथा यदि इस प्रवणता में अन्तर हो तो पृथ्वी के अन्दर स्थायी दशाये ही पायी जावेगी परन्तु रेडियो सक्रिय पदार्थों द्वारा उत्पन्न ताप के कारण ताप की प्रवणता में वृद्धि हो जाती है जिस कारण सवहन तरंगों की गति में अधिकता आ जाती है। इस प्रकार पृथ्वी के अग्र स्तर में ऊपर की ओर सवहन तरंग चलने लगती है। सवहन तरंग दो तरंगों पर आधारित होती है—1. विपुलत रेखा के पास पृथ्वी की पपड़ी की मोटाई प्रचुर भागों की अपेक्षा अधिक है अतः वहाँ पर रेडियो सक्रिय पदार्थों की अधिकता में उत्पन्न ताप के कारण ताप प्रवणता अधिक होती है। इस कारण विपुलत रेखा के नीचे से ऊपर उठने वाली सवहन तरंगों तथा प्रचुर भागों में ऊपर से नीचे की ओर चलने वाली तरंगों की उत्पत्ति होती है। 2. पृथ्वी की पपड़ी में भी रेडियो सक्रिय पदार्थों का वितरण समान नहीं है। महाद्वीपीय भागों में महासागरीय भागों की अपेक्षा इन पदार्थों की अधिकता है। इस कारण महाद्वीपीय भागों के नीचे से उठने वाली तरंगें, महासागरीय भागों की अपेक्षा अधिक तीव्र तथा सक्रिय

होती हैं, जिस कारण महाद्वीपों के नीचे अग्र स्तर के उठने वाली सवहन तरंगें पिघले पदार्थों को मागर की ओर बहा कर ले जाती हैं।

### सिद्धान्त की प्रक्रिया

उपयुक्त प्रक्रिया के आधार पर महाद्वीपों तथा महासागरीय के नीचे सवहनीय तत्वों के क्रम का आविर्भाव होता है। महाद्वीपों के नीचे वाली सवहनीय तरंगें अधिक वेगवती होती हैं। इस प्रकार से उत्पन्न तरंगें ऊपर की ओर प्रवाहित होती हैं। पृथ्वी की पपड़ी के नीचे पहुँचने पर इन तरंगों में दो स्थितियों का आविर्भाव होता है। प्रथम जिस स्थान पर दो सवहनीय तरंगें एक दूसरे के विपरीत दिशा में अलग होकर प्रवाहित होती हैं वहाँ पर फैलाव (मार्ग विभेद (Divergence) होने से सनाब की शक्ति (Tensional force) पैदा हो जाती है जिस कारण स्थल भाग दो टुकड़ों में विभक्त होकर दो विपरीत दिशाओं में हट जाते हैं तथा बीच वाले खुले भाग में सागर का निर्माण हो जाता है। द्वितीय जिस स्थान पर दो केंद्रों से उठने वाली सवहनीय तरंगें पृथ्वी की पपड़ी के नीचे पहुँच कर मुड़कर उसके अतिज दिशा में प्रवाहित होकर एक दूसरी में मिलती हैं तो मिलन (Convergence अभिमरण) के कारण दबाव की शक्ति उत्पन्न होती है जिस कारण दोनों तरंगें मुड़कर नीचे की ओर प्रवाहित होने लगती हैं। जिस स्थान पर ये तरंगें मुड़कर नीचे की ओर चलती हैं वहाँ पर



चित्र 163—(अ) स्थल का खुलना तथा सागर का निर्माण। (ब) स्थल भागों का बन्द होना तथा पर्वत का निर्माण। भूपटन के नीचे आरोही (Ascending) तथा अवरोही (Descending) सवहन तरंगों का प्रदर्शन।

धरातलीय भाग में अवतलन (Subsidence) हो जाता है तथा पर्वत निर्माण के लिये भूसन्नतियों का निर्माण होता है। इस प्रकार संवहन तरंगों की स्थिति के बिचार से दो वर्गों में रखा जा सकता है—उठते हुए स्तम्भ की तरंगें (Convection currents of rising column) तथा नीचे गिरते हुये स्तम्भ की तरंगें (Convection currents of falling columns)। होम्स ने ग्रहीय पवनों (Planetary winds) के समान ही ग्रहीय संवहन तरंगों (Planetary convection currents) का प्रतिपादन किया है तथा भूमध्यरेखीय भागों के नीचे से ये तरंगें उठकर पपड़ी के नीचे दक्षिण अवस्था में प्रवाहित होकर ध्रुवी के पास नीचे गिरने लगती हैं। सर्वप्रथम भूमध्य रेखीय भूभाग में इसी प्रकार के विलगाव (Divergence) के कारण स्थलीय भाग तनाव के कारण उत्तर तथा दक्षिण हट गया तथा टेथीज सागर का निर्माण हुआ। इसे टेथीज का खुलना कहते हैं। इसके बाद पुन दो संवहन तरंगों के मिलने के कारण दबाव से सारे शिया तथा गोंडवानालैंड के समीप आने के कारण टेथीज का मलवा पर्वत में बदल गया। इसे टेथीज का बन्द होना कहा जाता है।

#### भूसन्नति का आविर्भाव (Origin of Geosynclines)

ऊपर स्पष्ट किया गया है कि संवहन तरंगों की उत्पत्ति महादीपीय भागों तथा महासागरी दोनों के नीचे होती है। चूँकि महादीपीय भागों के नीचे रेडियो सक्रिय पदार्थों की अधिकता होती है अतः इनके नीचे उठने वाली तरंगें महासागरी की अपेक्षा अधिक वेगवती होती हैं। यह भी उल्लेखनीय है कि संवहन तरंगों का आविर्भाव एक ही स्थान से न होकर कई स्थानों से होता है तथा इनके उत्पत्ति केन्द्र बदलते रहते हैं। इसी प्रकार संवहन तरंग की प्रक्रिया एक शाश्वत तथा स्थायी क्रिया नहीं होती है, वरन् सामयिक होती है जो कि वेगवती तथा क्षीण होने के बाद पुन दूसरे केन्द्र में प्रारम्भ होती है।<sup>1</sup>

महादीपीय तथा महासागरी के नीचे उठते स्तम्भ (Rising column) में उठने वाली संवहन तरंगें पपड़ी के निचले भाग तक पहुँचकर दक्षिण दिशा में प्रवाहित होने लगती हैं तथा मुड़कर (चित्र 163 व) एक दूसरे की ओर अग्रसर होती हैं। ये संवहन तरंगें महादीपीय चबूतरों (Continental shelves) के नीचे एक दूसरे से

मिलती हैं तथा दबाव के कारण मुड़कर (Converge) नीचे की ओर चलने लगती हैं तथा गिरते समय स्तम्भ (Falling column) का आविर्भाव होता है। इस स्तम्भ में नीचे उतरती हुई तरंगें दबाव, सम्पीडन (Compression) तथा पृथ्वी की आन्तरिक ताप शक्ति द्वारा गर्म होती हैं तथा यह अतिरिक्त ताप पुन. उठते स्तम्भ में तरंगों के रूप में चला जाता है। इस प्रकार दो पूर्ण चतुर्तीय संवहन तरंगें (Two complete circular convective current systems) के क्रम का आविर्भाव होता है। उठने स्तम्भ में ताप का ह्रास होता है तथा गिरते स्तम्भ में ताप की वृद्धि होती है।

जब दो क्रमों (महादीपीय तथा महासागर से आने वाली तरंगें) की संवहन तरंगें महादीपीय चबूतरों के नीचे मिलती हैं तो सम्पीडन के कारण इस भाग का अवतलन होता है तथा भूसन्नति का निर्माण होता है। गिरते स्तम्भ के ऊपर ही भूसन्नति की स्थिति होती है। उठते स्तम्भ की तरंगें महादीपीय भागों के नीचे तथा महासागरी की तली में कुछ भाग को ताप के कारण पिघला कर उन्हें भूसन्नति में जमा करने लगती हैं। इस प्रकार महादीपीय परत पतली होने लगती है। लगातार संपीडन तथा तलछटीय निक्षेप के कारण भूसन्नति में कमजोर तथा निरन्तर धँसाव होता रहता है। भूसन्नति की जमाव तथा धँसाव की प्रक्रिया का होम्स के संवहन तरंग द्वारा मली प्रकार स्पष्टीकरण हो जाता है। संवहन तरंगों की क्रिया, चक्रीय होती है तथा इसी के दौरान भूसन्नति का निर्माण, पर्वतों की उत्पत्ति तथा उसका उत्पान होता है। इन तरंगों तथा पर्वतीकरण की क्रिया का तीन अवस्थाओं में समापन होता है।

(i) प्रथम अवस्था—प्रथम अवस्था का समय सबसे लम्बा होता है जिसमें अन्तर्गत दो केन्द्रों में आने वाली संवहन तरंगें मिलकर महादीपीय चबूतरों के नीचे भूसन्नति का निर्माण करती हैं। इस अवस्था में तरंगें क्रमशः वेगवती होती रहती हैं। भूसन्नति में तलछटीय जमाव होता रहता है तथा भूसन्नति की तली निरन्तर धँसती जाती है। इस कारण पदार्थों का जब नीचे की ओर अधिक गहराई तक अवतलन होता है तो ऊपर से दबाव तथा पृथ्वी के आन्तरिक ताप द्वारा ये तल होने

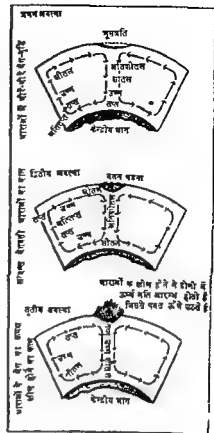
1 The convective mechanism is not a steady process but a periodic one, which waxes and wanes and then begins again with a different arrangement of center." Holmes, A, Principles of Physical Geology, Page, 414, 1952.

लगते हैं जिस कारण उनमें रूपान्तरण होने लगता है, फलस्वरूप उनका घनत्व बढ़ता है तथा पुनः धँसाव होता है। इस प्रकार गिरते स्तम्भ बढ़ते हुए घनत्व वाला स्तम्भ (Column of increasing density) होता है।<sup>1</sup>

इस तरह रूपान्तरण के कारण एम्फीबोलाइट का परिवर्तन इक्वोजाइट में हो जाता है जिससे (घनत्व में वृद्धि के कारण दबाव नीचे की ओर होता है) दबाव बढ़ने से पुनः पदार्थ का नीचे की ओर धँसाव होता है। इस क्रिया के कारण कुछ ताप रूपान्तरण में तथा कुछ इक्वोजाइट के निर्माण में खर्च हो जाता है जिससे ताप का अत्यधिक संचयन नहीं हो पाता है। इस प्रकार प्रथमावस्था पर्वत के निर्माण के तैयारी की अवस्था होती है जिसमें भूसन्नति का आविर्भाव तथा तलछटीय जमाव एक तली का निरन्तर धँसाव होता रहता है।

(ii) द्वितीय अवस्था—द्वितीय अवस्था में सवहनीय तरंगों की गति अत्यधिक तीव्र हो जाती है परन्तु यह अवस्था कम समय तक रहती है। इस अवस्था में तरंगों के सर्वाधिक वेगवती होने के एकमात्र कारण गिरते स्तम्भ में शीतल पदार्थों का अवतलन तथा उठते स्तम्भ में तप्त पदार्थों का प्रवाहित होना है। चूँकि गिरते स्तम्भ में रूपान्तरण अत्यधिक होता है अतः अधिक दबाव के कारण गति बढ़ जाती है। इस कारण महाद्वीपों तथा महासागरों की ओर से आने वाली तरंगें तीव्र गति से मिल कर नीचे मुड़ती हैं जिसमें भूमसन्नति के मतलब पर धैतित्त सम्पीटन (Lateral Compression) पड़ता है, फलस्वरूप भूमसन्नति का मतलब भिन्नकर बलित हो जाता है तथा पर्वत-निर्माण प्रारम्भ हो जाता है। इसे पर्वतीकरण की अवस्था कहते हैं।

(iii) तृतीय अवस्था—तीसरी तथा अन्तिम अवस्था में सवहनीय तरंगों का वेग क्रमशः शीघ्र होने लगता है। इसका प्रमुख कारण गिरते स्तम्भ में गर्म पदार्थों का आना तथा उठते स्तम्भ में शीतल पदार्थों का उठना है। धीरे-धीरे ममस्त उठता स्तम्भ, शीतल स्तम्भ हो जाता है। अर्थात् गिरते स्तम्भ के ऊपर गर्म पदार्थों तथा निचले भाग में शीतल पदार्थों (सबहन तरंग के केन्द्र पर, जहाँ से ये प्रवाहित होती हैं, शीतल पदार्थ आने में ताप कम हो जाता है तथा इन तरंगों का चलना बन्द हो जाता



चित्र 164—भूपटन के नीचे सवहनीय तरंगों की क्रमिक अवस्थाओं (Successive Stages) तथा पर्वत निर्माण का प्रदर्शन।

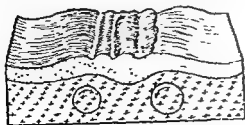
है—चित्र 164 में यह बात स्पष्ट की गई है) का विस्तार हो जाता है जिस कारण सबहन तरंगों का समापन हो जाता है। इनके फलस्वरूप सबहन तरंगों द्वारा गिरते स्तम्भ (भूमसन्नति) में पदार्थों का निक्षेपण समाप्त हो जाता है तथा सबहन-तरंग की समस्त प्रक्रिया समाप्त हो जाती है। इस समापन के कई परिणाम होते हैं—1. सर्वप्रथम निक्षेपण की समाप्ति के कारण गिरते स्तम्भ के ऊपरी भाग में (जहाँ निक्षेपण में नीचे की ओर दबाव होता था) दबाव कम हो जायेगा जिस कारण गिरता स्तम्भ धीरे-धीरे ऊपर उठने लगता है तथा पर्वतों में उन्नयन प्रारम्भ हो जाता है। 2. ऊपर में दबाव के हट जाने से वे भारी पदार्थ (रूपान्तरण के कारण घनत्व

1. As the sediments are pressed downwards into geosynclines, these go further downward, and are heavily heated up and metamorphosed and hence density increases. Thus falling column is a column of increasing density.

में वृद्धि होने में) जो कि नीचे दब गये थे अब ऊपर उठने लगते हैं तथा 3. इनको जाइंट जो कि दबाव के कारण काफी नीचे चला गया था, अधिक ताप के कारण तप्त होकर विघटनकर फैलता है तथा ऊपर उठता है जिसमें नीचे से पर्वतों में पुन उत्थान होने लगता है तथा पर्वत ऊँचाई में बढ़ने लगते हैं, और पर्वत का निर्माण पूर्ण रूप में सम्पन्न हो जाता है। इस प्रकार इस सिद्धान्त के आधार पर पर्वतीकरण की तीनो अवस्थाओं (सूक्ष्मप्रति अवस्था, पर्वत-निर्माण की अवस्था, पर्वत के विकास की अवस्था—(Lithogenesis, Orogenesis एवं Gliptogenesis) का भली प्रकार स्पष्टीकरण हो जाता है। यह आवश्यक नहीं है कि उपर्युक्त प्रक्रिया सर्वत्र अर्थात् प्रत्येक महाद्वीप तथा महासागरीय तटों के नीचे एक ही माप तथा समान गति में सक्रिय एवं क्रियान्वित हो। इसके विपरीत कुछ स्थानों पर बेगवती तर्ग्य होती है तथा कुछ जगह क्षीण होती हैं। अतः सर्वत्र पर्वत का निर्माण नहीं हो सकता है। मबहून नरगे माधारण स्प में न होकर अत्यन्त जटिल होती है तथा एक में अधिक केंद्रों में उत्पन्न होती है। कुल मिलाकर होम्स का “सबहून तरंग सिद्धान्त” पर्वत-निर्माण क्रिया को सुस्पष्ट व्याख्या करता है।

### ग्रिम्स महोदय द्वारा पुष्टि

ग्रिम्स महोदय ने प्रयोगों द्वारा होम्स के सबहून तरंग सिद्धान्त द्वारा पर्वत-निर्माण की सत्यता को प्रमाणित किया है। इन्होंने पृथ्वी के एक अंग का छोटा भाग लैंगर किया जिसका निर्माण पृथ्वी में मिलते-जुलते पदार्थों में किया गया था। अर्थात् ऊपरी पपड़ी का निर्माण तेत तथा भारी मेल के मध्यस्थ में तथा अधःस्तर (Substratum) का निर्माण चिपचिपे जलीय-स्ताम या काँच (Viscous waterglass) से किया गया। इस भागल के अधःस्तर में मबहून नरग पैदा करने के लिये घूमने वाले



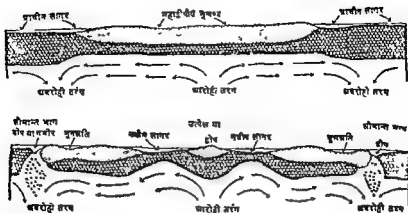
(ग्रिम्स के आधार पर)

चित्र 165—ग्रिम्स द्वारा होम्स के सबहून तरंग सिद्धान्त का प्रयोग द्वारा स्पष्टीकरण।

टोल (Rotating drums) बनाये गये। जब दोनों बं धीरे-धीरे घुमाया गया तो भागल के ऊपरी पटल का नीचे उतरने वाली तरंगों द्वारा अवतलन होने लगा (प्रथम अवस्था का आविर्भाव तथा भूमन्त्रण का निर्माण) तथा जैसे-जैसे इन दोनों का परिभ्रमण (Rotation) अधिक बढ़ाया जाने लगा वैसे-वैसे नीचे उतरने वाली तरंगों द्वारा पपड़ी का अवमबजन (Downwarping) तीव्र गति में होने लगा एवं पपड़ी का अधिकांश भाग इस अवतलन भाग में आने लगा। परन्तु जब दोनों का परिभ्रमण मन्द कर दिया गया तो घंटा हुआ भाग पुनः मौलिक तन में ऊपर उठने लगा। इस प्रकार ग्रिम्स ने अपने प्रयोग द्वारा यह सिद्ध कर दिया है कि सबहून के विकास-चाल में चरबीय अवस्था पाई जाती है तथा एक पूर्ण चक्रीय अवस्था के घटित होने पर क्रमशः भूमन्त्रण का निर्माण तथा उसमें जमाव एवं घंसाव, पर्वत का निर्माण तथा अन्त में पर्वत का उत्थान होता है और सबहून तरंग समाप्त हो जाती है।

### महाद्वीपीय प्रवाह

होम्स ने अपने “सबहून तरंग सिद्धान्त” द्वारा सागर तथा महाद्वीपों के निर्माण की भी व्याख्या उपस्थित की है। इतना ही नहीं होम्स ने बताया है कि महाद्वीपों के किनारे पर पाये जाने वाले वर्तमान पर्वतों के वितरण तथा कार्बोनिफेरस युग के हिमानीकरण को स्पष्ट करने के लिए महाद्वीपीय प्रवाह तथा विस्थापन की क्रिया को स्वीकार करना आवश्यक है। सर्वप्रथम हम सागरी की सामान्य उत्पत्ति की व्याख्या उपस्थित करेंगे। महाद्वीपों अपना स्थलाय भागों के नीचे सबहून तरंगें उठती हैं तथा पपड़ी के निचले भाग को स्पष्ट करने के बाद छैठिव दिशा में फैल जाती है। इस प्रकार—तरंगें दो विपरीत दिशाओं में प्रवाहित होती हैं जिस कारण उनके अंतर्भाव वाले स्थान पर तनाव की शक्ति पैदा हो जाती है तथा वहाँ पर स्थलीय भाग पतला होना रहता है। एवं ऐसी स्थिति आती है जब कि तनाव (Tension) के कारण स्थल भाग में टूटन (Rupture) हो जाती है तथा दो भाग सबहून तरंगों के माध्य दो दिशाओं में खिंच जाते हैं एवं उनके बीच बने रिक्त स्थान में जल का संचयन हो जाता है। फलस्वरूप सागर का निर्माण हो जाता है। प्रारम्भ में इस क्रिया के कारण पृथ्वी के पृथ्वीय भाग के ध्रुवों की ओर खिंचने से ध्रुवीय का निर्माण हुआ होगा तथा जारेडिया एवं गौडवानालैंड,



(होम्स के आधार पर)

चित्र 166—होम्स के सबहन-तरंग सिद्धान्त के अनुसार सागरो तथा भूसन्नतियों का निर्माण भूपटल के नीचे जहाँ पर आरोही तरंगों विपरीत दिशा में चलती है, वहाँ पर मायर का निर्माण होता है तथा जहाँ पर (महाद्वीपीय चबूतरे के नीचे) सबहन तरंगों मिलकर नीचे चलती है वहाँ पर भूसन्नति का निर्माण होता है (चित्र 167 में स्पष्ट है)।

दो स्थल भागों का आविर्भाव हुआ होगा। यह स्थिति पैन्थोजोइक कल्प के अन्त तक वर्तमान थी। इस स्थिति को टेथीज का खुलना (Opening of Tethys) कहा जाता है। इसके बाद उप-महाद्वीपीय सबहन तरंगों (लारेशिया तथा गोडवानालैण्ड) के उठने के कारण लारेशिया तथा गोडवानालैण्ड समीप आ गये होंगे। इसे टेथीज का बन्द होना (Closing of Tethys) कहा जाता है। इस प्रकार स्थलीय भागों का विस्थापन (Dislocation) तथा सम्मिलन या एकीकरण (Unification) उठती हुई सबहन तरंगों के ही प्रतिकूल है।

अब महाद्वीपीय तथा महासागरो के वर्तमान वितरण की व्याख्या करेंगे। होम्स के अनुसार कार्बोनिफरस युग के हिमानीकरण तथा वनस्पतियों एवं जीवों के वितरण की समस्या को सुलझाने के लिए महाद्वीपीय प्रवाह का होना आवश्यक है। कार्बोनिफरस युग में दक्षिणी ध्रुव की स्थिति वर्तमान नैटाल के पास बसायी गई है तथा भूमध्य रेखा की स्थिति ग्रेट ब्रिटेन से होकर थी क्योंकि उस समय ब्रिटिश यूरोप के कोमल का निर्माण हो रहा था। इसके विपरीत गोडवानालैण्ड के अधिकांश भाग में हिम-चादर का विस्तार था। कार्बोनिफरस हिमानीकरण से प्रभावित सभी स्थानों का उल्लेख बेगनर के महाद्वीपीय-प्रवाह-सिद्धान्त के समय (देखिये अध्याय 7—महासागरो तथा महाद्वीपीय की उत्पत्ति) किया जा चुका है। होम्स ने उपर्युक्त तथ्य को स्वीकार किया है तथा

इनके अनुसार पैन्थोजोइक युग के अन्त में दो महान स्थल भाग थे—उत्तर में लारेशिया तथा दक्षिण में गोडवानालैण्ड। यदि बेगनर के अनुसार महाद्वीपीय प्रवाह मुख्य शक्ति द्वारा तथा रगड द्वारा हुआ तो पैन्थोजोइक युग में गोडवानालैण्ड का विभजन मेसोजोइक कल्प के पहले ही हो जाना चाहिए था क्योंकि ये शक्तियाँ तो सर्वत्र वर्तमान थी परन्तु गोडवानालैण्ड आदि का विभजन तथा प्रवाह मेसोजोइक युग में महाद्वीपीय तरंगों द्वारा केवल इसलिए हुआ है कि इस युग में कई सबहन तरंगों मिलकर सञ्चलित तथा वेगवती हो गई थी।



(होम्स के आधार पर)

चित्र 167—पर्वत-क्रम के निर्माण के बाद सबहन तरंगों की स्थिति।

होम्स ने बताया है कि गोडवानालैण्ड, लारेशिया तथा प्रशान्त महासागर के नीचे तीन अलग-अलग सबहन तरंगों के क्रम का आविर्भाव हुआ तथा इनमें अरीय या विग्याई (Radial) गति हुई जिस कारण स्थलीय भागों का टेथीज एवं प्रशान्त महासागर की ओर विस्थापन हुआ।



पन या प्रवाह पारम्भ हो गया। ऊपर उठती हुई तरंगों का आविर्भाव गोंडवानालैंड में केष पर्वत के नीचे, लारेणिया में अप्लेशियन तथा कैलिडोनियन पर्वत मेखला के नीचे तथा प्रशान्त महासागर के नीचे हुआ। इस प्रकार स्थलभागों के सम्बन्ध में अममान केन्द्रों से इन तरंगों के प्रवाहित होने के कारण दो प्रकार की गतिशील होती है—स्थल गोलाई में उत्तर की ओर तथा जल गोलाई (प्रशान्त महासागर) में दक्षिण की ओर। इन क्रिया के कारण गोंडवानालैंड का विभंजन हो गया तथा भारत का प्रवाह उत्तर की ओर (टैसीज की ओर) हो गया एवं दक्षिणी अमेरिका, आस्ट्रेलिया आदि प्रशान्त महासागर की ओर प्रवाहित हो गये। होम्स का उपर्युक्त विवरण चित्र 168 द्वारा स्पष्ट होता है।

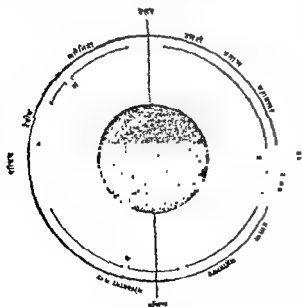
आस्ट्रेलिया का प्रवाह तीव्र गति से हुआ तथा वह बहुत दूर चला गया। इसके स्पष्टीकरण के लिये यह बताया जाता है कि हिन्द महासागर के नीचे उठने वाली सबहन तरंग अत्यधिक बेगवती थी जिस कारण मार्ग में कोई रुकावट न होने के कारण आस्ट्रेलिया विस्थापित होकर अधिक दूर चला गया। इसके विपरीत अण्टार्क्टिक महाद्वीप का प्रवाह अधिक दूर तक नहीं हो पाया क्योंकि इसमें प्रवाह-मार्ग में प्रशान्त महासागर के नीचे

उठने वाली तरंगों द्वारा अवरोध उत्पन्न हो गया था। दक्षिणी अमेरिका, अफ्रीका में प्रवाहित होकर अलग हो गया था। इस प्रकार उठती हुई सबहन तरंगों द्वारा गोंडवानालैंड तथा लारेणिया के विभंजन तथा उनके विस्थापन एवं प्रवाह द्वारा स्थलीय भाग एक दूसरे से अलग हो गये जिस कारण वर्तमान महाद्वीपों तथा महासागरों की उत्पत्ति तथा वितरण सम्भव हुआ है।

निष्कर्ष के रूप में यह कहा जा सकता है कि लारेणिया तथा गोंडवानालैंड दोनों का बाहर की ओर प्रशान्त महासागर तथा टेथीज की ओर विस्थापन तथा प्रवाह हुआ है जिस कारण स्थलीय भागों के किनारे-पर पर्वत श्रृंखलाओं का निर्माण हुआ है। उदाहरण के लिये लारेणिया के किनारे उत्तरी अमेरिका के काडिलरा, पश्चिम द्वीप समूह के पर्वत, पूर्वी एशिया के मालाकार द्वीप समूह (Island festoons) तथा अल्पाइन पर्वत श्रृंखला के उत्तरी भाग का निर्माण एवं गोंडवानालैंड के चारों तरफ, वेनेजुएला के एण्डीज पर्वत, दक्षिणी अमेरिका के काडिलरा, अण्टार्क्टिका के एण्डीज, न्यूजीलैंड तथा ग्युआडना के पर्वत तथा अल्पाइन पर्वत-श्रृंखला के दक्षिणी भागों का निर्माण उपर्युक्त प्रक्रिया के आधार पर पूर्णतया स्पष्ट हो जाता है।

इस प्रकार उपर्युक्त विवरण से स्पष्ट हो जाता है कि महाद्वीपों का वर्तमान वितरण तथा कार्बोनिफेरस हिमानीकरण की समस्या का निदान होम्स के संवर्जन तरंग सिद्धांत के अनुसार प्रतिपादित महाद्वीप प्रवाह द्वारा भली-भांति हो जाता है। यद्यपि भूपटल के वर्तमान पर्वतों के निर्माण तथा वितरण की समस्या का इस सिद्धांत के अनुसार पूर्ण रूप में स्पष्टीकरण हो जाता है परन्तु प्राचीन पर्वतों की उत्पत्ति के विषय में होम्स बिना विवरण न देकर दृढ़ता से कहकर सतुष्ट हो जाते हैं कि उनकी उत्पत्ति इसी प्रकार की सबहन तरंगों द्वारा हुई थी। होम्स ने सबहन तरंगों के आधार पर भूसंचल मध्य पिण्ड, भूभ्रमण गति तथा ज्वालामुखीक्रिया की भी व्याख्या प्रस्तुत करने का प्रयास किया है।

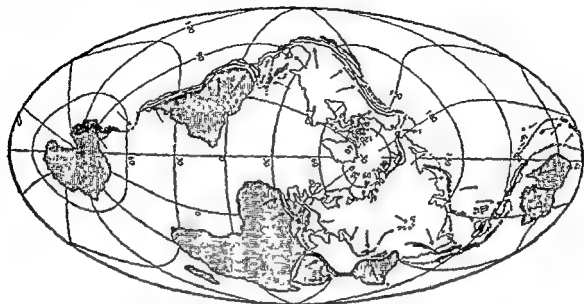
सिद्धान्त का भूस्थानिक—यद्यपि होम्स ने सबहन तरंग की अव्यक्तिक प्रणाली हुई तथा इसके कई तथ्य मान्यता को प्राप्त हुए हैं, तथापि अन्य सिद्धान्तों के समान इसकी भी आलोचना हुई, परन्तु अन्य सिद्धान्तों के समान इसमें अत्यधिक दृष्टियाँ नहीं हैं। प्रोफेसर स्टीवर्स इस सिद्धान्त के विषय में आलोचनात्मक दृष्टि से कहते हैं—



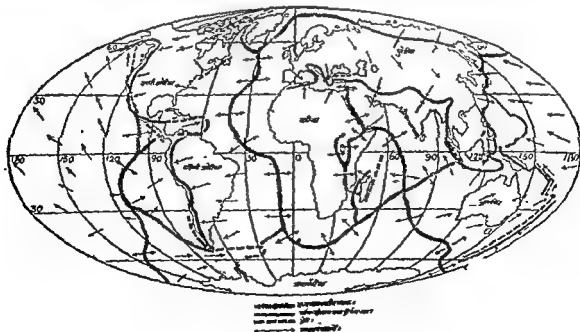
(होम्स के आधार पर)

"सिद्धान्त विलक्षण है, परन्तु यह ऐसे कारकों (Factors) पर आधारित है, जिनके विषय में बहुत कम जानकारी प्राप्त है।" परन्तु यह कहना गलत नहीं होगा कि कुल

मिनाकर मंवलन तरग सिद्धान्त, अन्य सिद्धान्तों की अपेक्षा पर्वत-निर्माण के विषय में अधिक विश्वासजनक व्याख्या उपस्थित करता है।



चित्र 169—महाद्वीपीय किनारों पर पर्वत-मेखलाओं का प्रदर्शन। प्रसन्न महासागर तथा टेपीज की ओर महाद्वीपीय प्रवाह की दिशा को तीरों द्वारा दिखाया गया है। मोड़वाना प्लेट को छायांकित कर दिया गया है।



चित्र 170—प्लेट पर सबहन-तरंगों की स्थिति।

1. सिद्धान्त कई स्थानों पर भ्रामक तथ्यों का उत्सव करता है। यद्यपि संवहन तरंग सिद्धान्त एक अग्रणी सिद्धान्त है तथा पर्वत-निर्माण की समस्या के निराकरण के लिये एक नूतन दिशा प्रदर्शित करता है परन्तु सिद्धान्त का मुख्य आधार ही ऐसे कारकों पर टिका है जिनके विषय में बहुत कम ज्ञान प्राप्त है। वास्तव में उठते स्तम्भ (Rising columns) तथा गिरते स्तम्भ (Falling columns) की धारणा मदेहास्पद है। इस प्रकार एक सदेहास्पद अवस्था के सहारे पर्वत-निर्माण की व्याख्या उपस्थित करना उचित नहीं है।

2. संवहन तरंग कई कारणों की प्रतिफल है, जैसे धरातल पर ताप-ह्रास, पृथ्वी के भीतर ताप-प्रवणता (Heat gradient inside the earth) तथा रेडियो पदार्थों द्वारा ताप की वृद्धि। चूंकि ये सभी कारक पृथ्वी के अन्दर हैं, अतः इनके विषय में वास्तविकता का पता लगाना कठिन कार्य है। साथ ही साथ इन कारकों में बड़े पैमाने पर परिवर्तन होने रहते हैं। सिद्धान्त की प्रक्रिया इन उपादानों के एक साथ कार्यान्वित होने पर आधारित है, परन्तु यह सोचना कल्पनातीत है कि ये सभी कारक एक साथ मिलकर सहयोग से सक्रिय होते हैं। इनके विपरीत उठती हुई संवहन तरंगों को पृथ्वी की एक मोटी परत से होकर गुजरना पड़ता है, जिससे मार्ग में ताप का अधिक ह्रास हो जाता है। इसी प्रकार इन उठती हुई गर्म तरंगों द्वारा सस्पर्शाव्य रूपान्तरण (Contact metamorphism) के कारण रेडियो सक्रिय पदार्थों में मिलने वाले ताप से अधिक ताप का ह्रास होगा। इस प्रकार संवहन तरंगों के कार्यान्वित होते रहने के लिये आवश्यक ताप निहायत कम मात्रा में होता है। अतः यदि उचित ताप मुलभूत है तो सिद्धान्त की प्रक्रिया कार्यान्वित नहीं हो सकती है।

3. (आलोचना मध्या दो के साथ ही साथ) संवहनीय तरंगों (ऊपर उठती हुई) द्वारा मचालन (Conduction) से ताप का वितरण होता है। इस प्रकार मचालन द्वारा लाये गये ताप का उपयोग ऊपरी परत आमाजी से कर लेती है जिस कारण सिद्धान्त की प्रक्रिया समाप्त हो जाती है।

4. भूपटल या पपड़ी के नीचे संवहन तरंगों का क्षैतिज प्रवाह भी एक सदेहास्पद तथ्य है। उपर्युक्त विधियों (2 तथा 3 में वर्णित) के अनुसार जब इन तरंगों के ताप का अत्यधिक ह्रास हो जायेगा तो पपड़ी के निचले भाग तक पहुँचने पर ये तरंग स्वतः ही मृत-प्राय

हो जायेंगी, जिनमें क्षैतिज प्रवाह नहीं होगा तो गिरते स्तम्भ का आविर्भाव नहीं होगा अतः इसके अभाव में भूमण्डल की निर्माण नहीं हो सकेगा। फलस्वरूप पर्वत-निर्माण सम्भव नहीं होगा। इस प्रकार इस सिद्धान्त में पर्वत-निर्माण की व्याख्या करने के लिये विस्तृत विवरण की कमी है।

5. रूपान्तरण द्वारा एम्फीबोलाइट का इक्लोजाइट में परिवर्तित होना तथा उसका नीचे की ओर घंमाव एक और भ्रामक समस्या है। यद्यपि रूपान्तरण द्वारा इक्लोजाइट का घनत्व 3 से बढ़कर 3.4 हो जाता है परन्तु घनत्व की इस वृद्धि से इक्लोजाइट में वांछित घंमाव नहीं हो सकेगा। यदि यह सत्य है तो क्षैतिज संवहन तरंगों द्वारा लाये गये पदार्थों का गिरते स्तम्भ में उचित समावेश (Proper accommodation) नहीं हो सकेगा तथा एक समय ऐसा आयेगा जबकि समस्त गिरता स्तम्भ इक्लोजाइट से भर जायेगा। फलस्वरूप गिरते स्तम्भ का कार्य संपादन वांछित रूप में नहीं हो पायेगा और वह समाप्त हो जायेगा। इस प्रकार यह सिद्धान्त अतिरिक्त पदार्थों के समावेश का उचित प्रबन्ध नहीं कर पाता है।

6. इस सिद्धान्त के अनुसार संवहन तरंगों का आविर्भाव महाद्वीपों के नीचे कुछ सीमित क्षेत्रों पर ही होगा। यदि इन तरंगों की उत्पत्ति के लिये आवश्यक दबाव प्राप्त है तो तरंगों का आविर्भाव प्रत्येक स्थान पर क्यों नहीं होता है? यदि यह सम्भव हो जाता है तथा सभी स्थानों पर संवहन तरंगों का आविर्भाव हो जाता है तो तरंगों के क्षैतिज प्रवाह के विषय में क्या होगा? इस स्थिति के कारण समस्त महाद्वीप कई टुकड़ों में विभक्त हो जायेंगे तथा समस्त ग्लोब पर केवल मधु-द्रोह द्वीपों का ही साम्राज्य होगा न कि महाद्वीप होंगे। इस प्रकार यह सिद्धान्त संवहन तरंगों के विषय में केवल भ्रामक तथा सदेहास्पद वर्णन मात्र विवरण उपस्थित करता है।

7. यदि गर्म संवहन तरंगों अत्यधिक वेग के साथ ऊपर की ओर प्रवाहित होती हैं तो भूपटल के निचले स्तर की छूने के बाद उनमें फैलाव होकर केवल क्षैतिज प्रवाह न होकर ऊर्ध्वाकार प्रवाह भी हो सकता है। यदि यह सत्य है तो वेगवती तरंगें भूपटल की तोड़कर विस्फोट के साथ धरातल पर ज्वालामुखी-क्रिया को जन्म देगी न कि तनाव द्वारा सागर का निर्माण करेगी। इस प्रकार

सिद्धान्त ऐसी शक्ति पर आधारित है जिसके विषय में उचित नियंत्रण की व्यवस्था नहीं की गई है<sup>1</sup>।

8. जोली ने सिद्धान्त की सबसे अधिक बालोचना जेफरीज द्वारा की गई है। जोली ने अधःस्तर की तन्मा-वस्था में महाद्वीपों का पश्चिम दिशा में विस्थापन तथा प्रवाह ज्वारीय शक्ति के आधार पर बताया है परन्तु जेफरीज ने गणितीय परिवर्तन के आधार पर इस तथ्य को गत प्रमाणित कर दिया है तथा बताया है कि अब तक कोई ऐसी ज्ञात पर्याप्त शक्ति नहीं है, जिसमें महा-द्वीपों का पश्चिम दिशा में विस्थापन हो सके। यहाँ पर उल्लेखनीय है कि जेफरीज सकुचनवादी हैं तथा इस विचारधारा के मानने वाले के लिये महाद्वीपीय विस्थापन मान्य नहीं है। हो सकता है जोली द्वारा प्रस्तुत शक्ति महाद्वीपीय विस्थापन के लिए समर्थ न हो परन्तु जेफरीज का यह कथन कि, ऐसी कोई शक्ति है ही नहीं, असंगत है।

9 गणितीय नियमों के आधार पर जेफरीज ने बताया है कि अधःस्तर (Sima) एक बार पिघलकर ठोस नहीं हो सकता है। यह भौतिक शास्त्र का सर्वमान्य नियम (गुप्त ऊष्मा के आधार पर) है कि किसी भी ठोस का, यदि वह अपने गलनांक (Melting point) पर हो, तापक्रम तब तक नहीं बढ़ता है जब तक की अन्दर से उत्पन्न ऊष्मा या ताप बाहर की ओर निकली ऊष्मा से अधिक होती है। चूँकि जोली के अनुसार सीमा से सियाल में ताप गमन नहीं होता है अतः उत्पन्न ऊष्मा सदैव अधिक रहेगी। फलतः ठोस ऊपरी भाग (Sima) का पिघल नहीं सकता। इसी प्रकार एक तरतु भाग, यदि वह अपने गलनांक पर हो, तब ठंडा नहीं हो सकता जब तक कि निकली ऊष्मा, उत्पन्न ऊष्मा से अधिक न हो जाय। यदि बेसाल्ट के ताप को गलनांक में ऊँचा मान लिया जाय तो बेसाल्ट की परत सदैव तरलवस्था में रहेगी तथा पिघलने के ठोम होने की क्रिया की पुनरावृत्ति (Recurrence) नहीं होगी। यदि यह सब है तो जोली के सिद्धान्त की प्रमुख अवस्था सागर के चढ़ने तथा उतरने (Transgression and regression) का आविर्भाव ही नहीं हो पायेगा तथा सिद्धान्त असफल हो जायेगा।

## 6. प्लेट विवर्तन सिद्धान्त (Plate Tectonic Theory)

1960 में दाद भूपटल के बृहदाकार उच्चावचों की उत्पत्ति की समस्या के निदान के सम्बन्ध में प्रतिपादित प्लेट विवर्तन सिद्धान्त के आधार पर पृथ्वी के प्राचीन एवं टण्डियरी युगीन वलित पर्वतों की उत्पत्ति का विश्लेषण भली-भाँति हो जाता है। अध्याय आठ में इस सिद्धान्त की विमर्श विवेचना की गई है।

### द्वीप तोरण (Island Arcs)

सामान्य परिचय—सागरीय भागों में द्वीपों की कई क्रमबद्ध शृंखलाएँ हैं। उनका विवरण प्रस्तुत करना आवश्यक है। अधिकांश सागरीय द्वीप महाद्वीपीय मुख्य भाग के किनारे-किनारे वृत्त के चाप के रूप में फैले हुए हैं जिन्हें रवेस सहोदय ने मालाकार द्वीप समूह (Island festoon) बताया है तथा अन्य लोगों ने इस द्वीपीय चाप खण्ड अथवा द्वीप तोरण बताया है। प्रशान्त महासागर इसका सर्वप्रमुख उदाहरण है तथा मुख्य रूप से पश्चिमी प्रशान्त महासागर के सटीय भाग अर्थात् पूर्वी एशिया के तट के समानान्तर उत्तर-पूर्व में दक्षिण-पश्चिम दिशा में इन द्वीपों का विस्तार है। इनमें माछालीन, ब्यूराइल, जापान द्वीपों के समूह, फिलीपाइन्स तथा पूर्वी द्वीप समूह के द्वीप सम्मिलित हैं, जो कि निम्नचबूटी ही एक वृत्त खण्ड (Arc) के रूप में फैले हुए हैं। इन द्वीपों का विस्तार पुन मेलनेशिया (Melanesia) के द्वीपों के रूप में न्यूजीलैंड तक है। वास्तव में प्रशान्त महासागर में कुल मिलाकर 20,000 द्वीप हैं। परन्तु क्षेत्रफल से ये द्वीप बच स्थान घेरते हैं। इन द्वीपों में तो कुछ प्रवासी द्वीप (Atolls) तथा भूंगे के (Islands of coral reefs) हैं जिनका सम्बन्ध प्रस्तुत विवरण से नहीं है। अधिकांश द्वीपों की बनावट वलित पर्वतों में हुई है तथा प्रस्तुत अध्याय इन्हीं द्वीपों से सम्बन्धित है। वैसे महासागरीय द्वीपों का वितरण छिटपुट एवं बिछरे रूप में है परन्तु कुछ द्वीपों की व्यवस्था ऐसी है कि वे एक क्रमबद्ध शृंखला में वृत्त खण्ड के रूप में पाये जाते हैं। प्रशान्त महासागर के अन्दर तीन प्रमुख द्वीप तोरण पाये गये हैं—प्रथम वर्ग के अन्तर्गत अट्यूगियन द्वीप आते हैं। ये प्रायः द्वीपीय रूप में फैले हुये हैं। द्वितीय वर्ग में पूर्वी एशिया के तट के द्वीप आते हैं जो कि वास्तविक द्वीप

1. This theory plays with such forces about which no proper control has been postulated.

तोरण का चित्र उपस्थित करते हैं। तृतीय वर्ग में पूर्वी द्वीपसमूह के द्वीप तोरण को सम्मिलित किया जाता है। दक्षिणी प्रणाल महासागर के बिखरे हुए द्वीपों को तीन वर्गों में रखा जा सकता है। प्रथम वर्ग को मेसेने-शिया वर्ग के द्वीप कहते हैं, जिनमें सोलोमन, न्यूहेब्राइड तथा फिजी आदि प्रमुख द्वीप हैं। द्वितीय वर्ग को माईक्रोनेशिया (Micronesia) वर्ग के द्वीप कहते हैं जिसमें कैरोलाइन (Caroline), मार्शल (Marshall), गिलबर्ट (Gilbert) तथा एलिस (Ellice) आदि द्वीपों को सम्मिलित किया जाता है। तृतीय श्रेणी में पोलिनेशिया (Polynesia) वर्ग के द्वीप हैं, जिनमें लाइन द्वीप हैं, जिनमें लाइन द्वीप (Line Island), कुक द्वीप (Cook), सोसायटी द्वीप (Society Island), टुआमोटू (Tuamotu) आदि प्रमुख द्वीप हैं। उत्तरी प्रणाल महासागर में हवाई द्वीप (Hawaii Island) सर्वाधिक प्रमुख है। अटलांटिक महासागर में प्रमुख द्वीप चाप या तोरण पश्चिमी द्वीप समूह (West Indies) के रूप में विस्तृत है। दक्षिणी अटलांटिक महासागर में ग्राहमलैण्ड प्रायद्वीप तथा दक्षिणी अमेरिका के बीच जलमग्न पहाड़ियों की जटिल रचना वाली भूखण्ड पार्श्व

जाती है जिसमें फाकलैण्ड, दक्षिणी आर्कनीज (South Orkneys), दक्षिणी शटलैण्ड (South Shetlands), दक्षिणी जाजिया (South Georgia) तथा दक्षिणी सैंडविच द्वीप (South Sandwich) आदि पाये जाते हैं। हिन्द महासागर में प्रमुख द्वीप तोरण अण्डमन निकोबार द्वीपों के रूप में फैले हैं। वास्तव में अण्डमन निकोबार द्वीप को दक्षिणी-पूर्वी द्वीप समूह का ही विस्तृत रूप मानना चाहिये।

### द्वीप तोरण की रचना (Structure of Island Arcs)

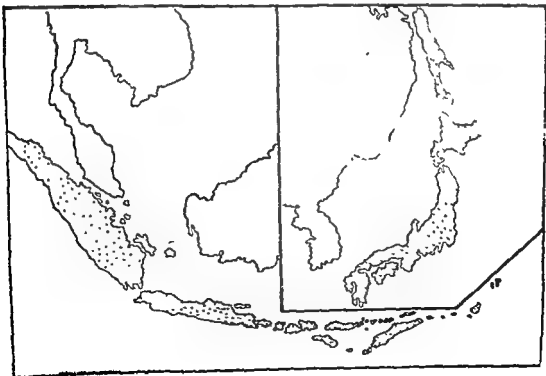
महाद्वीपों के किनारे बाने भाग के समानान्तर सागरीय द्वीप चापों या द्वीप तोरणों का महत्व भूगर्भवेत्ता के लिये कम नहीं है। यहाँ पर केवल बलित द्वीप चापों का ही उल्लेख किया जायेगा। उदाहरण के लिये पूर्वी एशिया के द्वीप तोरण को लिया जायेगा क्योंकि यहाँ वास्तविक द्वीपीय चाप या द्वीप तोरण का सही उदाहरण प्रस्तुत करता है। स्वेस, कीबर, होम्स, बेंगनर, हाब्स, रिक्कोफेन (Richthofen), तोकुदा (Tokuda) आदि प्रमुख विद्वानों ने द्वीप तोरण की संरचना तथा उत्पत्ति के विषय में महनीय कार्य किये हैं। इनमें स्वेस का कार्य



चित्र 171—पश्चिमी द्वीप समूह तथा अत्युष्णिम द्वीप तोरण (Island Arcs).

अधिकांश जिनमें है। स्वेस ने सर्वप्रथम पूर्वी एशिया या पश्चिमी प्रशांत तटीय द्वीप तोरण के द्वीपों की संरचना का विश्लेषण किया तथा इस आधार पर बताया है कि प्रायः सभी द्वीपों में संरचना सम्बन्धी समानता मिलती है। केवल कुछ ही तत्त्व प्रत्येक द्वीप में नहीं मिल पाते हैं। स्वेस ने अपने विश्लेषण के लिये रीयू (Riu-Kiu) द्वीप तोरण को लिया है जिसका विस्तार दक्षिणी जापान में तैवान (Formosa) तक है। यह द्वीप तोरण वास्तव में एक बलित पर्वत से युक्त द्वीपों का समूह है। स्वेस ने इस द्वीप के एक बाह्य मण्डल का वर्गीकरण किया है जिसका कुछ भाग चूने के पत्थर (Lepidocyclina limestone) से निर्मित है। इस मण्डल को स्वेस ने टशिगरी मण्डल बताया है। इसी मण्डल के अन्तर्गत एक काडिलरा है जिसका निर्माण पैस्योजोइक कल्प की चट्टानों में बलित पड़ने में हुआ है। इस (Cordillera) के बीच पुनः एक ज्वालामुखी-मण्डल है, जिसमें ज्वालामुखी के आभ्यन्तरिक एवं बाह्य ज्वालामुखी-जमाव पाये जाते हैं। टशिगरी मण्डल के बाह्य भाग में गहरे सागरीय

भाग हैं, जिसे स्वेस ने सागरीय खड्ड (Sea fordeep) बताया है। यदि एन्टीलीस द्वीप तोरण (Antilles Island Arc) की संरचना का अध्ययन किया जाय तो रीयू द्वीप तोरण की संरचना में पर्याप्त समता मिलती है। इस तोरण के दो किनारे विपरीत ढाल वाले हैं। एक तरफ अवतल ढाल तथा दूसरी ओर उत्तल ढाल है। इस प्रकार उत्तल ढाल से अवतल ढाल वाले भाग की तरफ द्रमण गहरा खड्ड (Fordeep), टशिगरी युग के उपद्वीप (Isles), काडिलरा तथा एक ज्वालामुखी-मण्डल का विस्तार मिलता है। इसी तरह यदि बोनिन द्वीप तोरण (Bonin Island Arc) फिलीपाइन द्वीप अलार्काइड्स (Alaskides) तथा ओसाइड्स (Occanides) आदि द्वीप तोरणों की संरचना का अध्ययन किया जाय तो उपर्युक्त संरचनात्मक समता का आभास द्वीपों में भी मिलता है। उपर्युक्त विवरण के आधार पर सभी द्वीपीय चाप की बनावट में निम्न चार सामान्य प्रकारों को अलग किया जा सकता है—



चित्र 172—पूर्वी द्वीपसमूह तथा जापान द्वीप तोरण (Island Arcs)।

1. द्वीप में एक किनारा अवतल ढाल वाला होता है जिसके सामने गहरा खड्ड होता है।
2. टशिगरी मण्डल, जो कि वलित है तथा कुछ भाग पर नूने के पत्थर का जमाव है।
3. वलित काडिलरा, जिसमें आन्तरिक भाग में प्रतिवृत्त वलन (Reverse folding) पाये जाते हैं।
4. सबसे अन्त में ज्वालामुखी मण्डल है।

कई द्वीप तोरणों में काडिलरा का विस्तार कम पाया जाता है तथा स्थान-स्थान पर ये अदृश्य हो जाते हैं परन्तु ज्वालामुखी-मण्डल का विस्तार सर्वाधिक होता है। इसके प्रमुख उदाहरण न्यूहेब्राइडस (New Hebrides), टुमोतू (Tuamotu) तथा हवाई द्वीपों (Hawaiian Islands) में मिलते हैं। हवाई द्वीप का निर्माण तो अग्नि-काश रूप में लावा-प्रवाह द्वारा हुआ है। द्वीपों के सामने अर्थात् उत्तल ढाल वाले किनारे के सामने गहरे खड्ड की स्थिति एक विशिष्ट विवर्तनिक आकृति होती है। स्वेस महोदय ने इन गहरे खड्डों में एक आन्तरिक भाग तथा एक बाह्य भाग का वर्गीकरण किया है। इन खड्डों का आन्तरिक किनारा अवतल ढाल वाला होता है जो कि द्वीप चाप (द्वीप तोरण) के बाह्य भाग अर्थात् उत्तल ढाल वाले किनारे के सामने होता है। इसके विपरीत खड्ड का बाह्य भाग गहरे सागर की ओर होता है, जिसका निर्माण सागर की तली के अवतलन होने से हुआ माना गया है। वास्तव में इस खड्ड का बाह्य भाग एक अवशेष के गमन या जिस ओर दबाव पड़ने से द्वीप चाप का निर्माण हुआ था तथा बाद में इस अवशेष के अवतलन होने से गहरे खड्ड का निर्माण मानना चाहिये। इन द्वीप तोरणों की उत्पत्ति के सम्बन्ध में कई विद्वानों ने अपने मत प्रचलित किये हैं जिनका यहाँ पर संक्षिप्त उल्लेख किया जा रहा है।

1. वेगनर का महाद्वीपीय प्रवाह सिद्धान्त (Continental Drift Theory of Wegner)—वेगनर महोदय के अनुसार महाद्वीपीय भाग गियाल (Sial) का बना हुआ है तथा महासागरीय तली का निर्माण सीमा (Sima) से हुआ है। गियाल-डोम तथा सीमा तरल है। बिना किसी रकावट के गियाल अर्थात् महाद्वीपीय भाग सीमा के ऊपर तैर रहा है। इस सिद्धान्त का विशद उल्लेख 'महासागरी एवं महाद्वीपों की उत्पत्ति' वाले अध्याय 7 में किया जा चुका है। सर्वप्रथम वेगनर ने महाद्वीपीय प्रवाह करने के लिये गियाल के भीमा पर

स्वतन्त्र रूप में तैरने पर सीमा से रकावट का उल्लेख नहीं किया परन्तु आगे चलकर महाद्वीपीय किनारे पर स्थित पर्वतों के निर्माण के लिए इन्होंने सीमा (Sima) से रकावट डामने का उल्लेख किया है। इस प्रकार आपने एक ही सिद्धान्त में दो परस्पर विरोधी तथ्यों का उल्लेख किया है। इन्होंने गुल्लगति तथा प्लवनशीलता की गति के आधार पर महाद्वीपों का भूमध्य रेखा की ओर तथा चन्द्रमा का ज्वारीय शक्ति के आधार पर पश्चिम दिशा में प्रवाह बताया है। इस सिद्धान्त के आधार पर वेगनर ने बताया है कि द्वीप चापों तथा द्वीप तोरणों का निर्माण महाद्वीप के प्रवाह की गति में विभिन्नता के कारण हुआ है। प्रशान्त महासागर के पूर्वी किनारे (उत्तरी तथा दक्षिणी अमेरिका के पश्चिमी किनारे) पर ऐसे द्वितीय चापों की कमी है क्योंकि दोनों महाद्वीप पश्चिम दिशा में प्रवाहित हो रहे थे परन्तु पश्चिमी किनारे पर अर्थात् एशिया के पूर्वी किनारे के सहारे ऐसे द्वीपीय चापों की बहुतायत है। जब एशिया महाद्वीप का स्थलीय भाग ज्वारीय शक्ति से प्रेरित होकर पश्चिम दिशा की ओर प्रवाहित हो रहा था तो उस समय इस महाद्वीप के पूर्व का कुछ भाग महाद्वीपीय प्रवाह का साथ नहीं दे सका, फलस्वरूप पीछे छूट गया। इसके दो कारण बताये जाते हैं। प्रथम यह कि इन भागों का सम्बन्ध महासागरीय डोम तली में था। द्वितीय यह कि एशिया का भाग पश्चिम दिशा में प्रवाहित हो रहा था। इस प्रकार एशिया के पूर्वी तट के सहारे कई द्वीप चापों का निर्माण एशिया में कुछ स्थल भाग के पीछे छूट जाने से हुआ है। इसी रूप में जब उत्तरी तथा दक्षिणी अमेरिका, यूरोप एवं अफ्रीका से अलग होकर पश्चिम दिशा में प्रवाहित हो रहे थे तो उस समय मध्य अमेरिका के पूर्वी भाग का कुछ स्थलीय भाग पीछे छूट गया तथा पश्चिमी द्वीप समूह के तोरण का निर्माण हुआ। टियरा-डेल-फूगो (Tierra-Del-Fuego-Chile & Argentina) तथा अण्टार्क्टिका के मध्य स्थित द्वीपों का निर्माण दक्षिणी अमेरिका के पश्चिम तरफ सरकने के कारण मानना चाहिये। पूर्वी द्वीप समूह के द्वीप तोरण तथा अण्डमान निकोबार द्वीपों का निर्माण प्रायद्वीपीय भारत के भूमध्य रेखा (उप मध्य-भूमध्य रेखा उत्तर में स्थित थी) की ओर प्रवाहित होने तथा आस्ट्रेलिया के दक्षिण-पूर्व दिशा में प्रवाहित होने से स्थल भाग ने छूट जाने से मानना चाहिये।

सकुचनवादी, प्रवाह सिद्धान्त के विपरीत है तथा इस आधार पर इन द्वीप तोरणों का निर्माण मान्य नहीं हो सकता है। यदि यह मान भी लिया जाय तो उनके टर्शियरी काइलरा (वन्तित पर्वतों) की उत्पत्ति की व्याख्या नहीं हो पाती है क्योंकि उस समय तक महाद्वीप प्रवाह हो चुका था।

## 2. जोली का तापीय चक्र सिद्धान्त (Joly's Thermal Cycle Theory)

जोली ने रेडियो सक्रिय पदार्थों की पृथ्वी की चट्टानों में स्थिति के आधार पर अपने तापीय चक्र सिद्धान्त का प्रतिपादन किया है। इस सिद्धान्त के अनुसार पृथ्वी के एक चक्रीय इतिहास में दो अवस्थाएँ होती हैं। प्रथम अवस्था में पृथ्वी के अधःस्तर में रेडियो सक्रिय पदार्थों के विघटन तथा वियोजन के कारण उत्पन्न ताप का संचयन होता रहता है जिस कारण पृथ्वी का अधःस्तर जो कि बेमालूम का बना हुआ है, पिघल जाता है जिस कारण उसका घनत्व कम हो जाता तथा पृथ्वी की व्यास एवं परिधि में विस्तार हो जाता है। इस अवस्था में मागरीय भाग का महाद्वीपीय किनारे वाले भागों पर प्रवेश या अतिव्रमण (Transgression) होने लगता है। इस अवस्था को सागरीय अतिव्रमण काल अथवा अतिक्रमणीय सागर का काल कहा जाता है। द्वितीय अवस्था में ज्वारीय शक्ति के कारण महाद्वीपीय भागों में विस्थापन तथा प्रवाह होने लगता है जिस कारण ताप बाहर निकल जाता है (क्योंकि महाद्वीपीय भागों पर प्रवाह के कारण महासागरों की स्थिति हो जाती है) तथा पृथ्वी का अधःस्तर शीतल होकर पुनः ठोस होने लगता है। फलस्वरूप पृथ्वी की परिधि तथा व्यास में ह्रास होने लगता है एवं सागर नीचे उतरने लगता है। इस सागरीय निवर्तन का काल अथवा उतरते सागर का काल कहा जाता है। प्रथम अवस्था, जबकि अधःस्तर (Substratum) पिघली अवस्था में होता है, में ही द्वीप तोरणों का निर्माण होता है। जब अधःस्तर के पिघल जाने से उसके घनत्व में कमी परन्तु विस्तार में वृद्धि होती है तो महासागरीय तली में तनाव की स्थिति पैदा हो जाती है जिस कारण तनाव निमित्त घटन तथा भ्रजन का निर्माण हो जाता है। इन भ्रजनों से होकर अधःस्तर का तरल पदार्थ महासागरीय तली में ऊपर आने लगता है जिस कारण भ्रजन का आकार बड़ा होता रहता है। फलस्वरूप और अधिक तरल पदार्थ उमड़ कर बाहर आने लगता है। ये ही विस्तृत तरल बेसाटिटिक पदार्थ ठोस

होकर द्वीपों की जन्म देते हैं। इसी प्रक्रिया के आधार पर प्रशान्त महासागर का खासकर तथा अन्य महासागरों के द्वीपों का सामान्य रूप से निर्माण हुआ है। जोली ने प्रशान्त महासागर के द्वीपों की स्थिति तथा वितरण का भी उल्लेख किया है। इनके अनुसार इन द्वीपीय चापों तथा तोरणों की स्थिति प्रशान्त महासागर के सर्वाधिक विस्तार या दूरी वाली रेखा के समकोण पर पायी जाती है। लेक महोदय ने इस मत का खण्डन किया है। इनके अनुसार प्रशान्त महासागर का सर्वाधिक विस्तार चीन से बिनी तक पाया जाता है। अर्थात् यदि एक रेखा चीन से बिनी तक खींची जाय तो वही प्रशान्त महासागर की सर्वाधिक चौड़ाई होगी। इस रेखा की सम्बाई उत्तर-पश्चिम से दक्षिण-पूर्व दिशा में है अतः यदि जोली के सिद्धान्त को माना जाय तो इस रेखा को समकोण पर काटने वाली रेखा की दिशा उत्तर-पूर्व से दक्षिण-पश्चिम होगी। फलस्वरूप द्वीप तोरणों का विस्तार उत्तर-पूर्व से दक्षिण (प्रशान्त महासागर) में होना चाहिये परन्तु ऐसा है नहीं। इस आलोचना के विपरीत कहा जा सकता है कि प्रशान्त महासागर की वास्तविक सर्वाधिक चौड़ाई का पता लगाना कठिन कार्य है।

## 3. स्वेस की बाह्य दाब परिकल्पना (Outward Pressure Hypothesis of Suess)

स्वेस ने जिस प्रकार महाद्वीपीय 'पर्वतों' का निर्माण लैटिज दबाव (Lateral pressure) से बताया है उसी प्रकार इन द्वीप तोरणों का निर्माण भी महाद्वीपों के बाह्य दबाव (Outward pressure) द्वारा माना है। स्वेस के अनुसार महाद्वीपों के किनारे मागरीय भागों में द्वीप तोरण महाद्वीपों के अभिन्न भाग हैं तथा इनकी उत्पत्ति महाद्वीपों से उत्पन्न बाह्य दबाव के कारण हुई है। उदाहरण के लिये एशिया महाद्वीप के पूर्वी तट पर उसके समानान्तर चाप के आकार में फैले हुए तोरणों को लिया जा सकता है। प्रा-प्रथमिक आद्य नाभिक केन्द्र (Primitive nucleus) से बाहर की तरफ क्षैतिज दबाव का संचार हुआ जिस कारण इन चाप के आकार के द्वीप मालाओं की उत्पत्ति हुई। इस सिद्धान्त के आधार पर इन द्वीप तोरणों का महाद्वीपों के सम्मुख वाला ढाल अवतल होना चाहिए क्योंकि साधारण नियम के अनुसार प्रभावित क्षेत्र का अवतलन ढाल दबाव की शक्ति के उद्गम स्थान को इंगित करता है। यदि एशिया महाद्वीप के पूर्वी तट में द्वीप तोरण का अवलोकन लिया जाय तो स्पष्ट हो जाता है कि ये तोरण



एक चाप के रूप में फैले हुए हैं, जिनका अवतल ढाल स्थल की ओर तथा उत्तल ढाल बाहर की ओर है। इस प्रकार कुछ सीमा तक स्वेस के विचार न्यायमंगत लगते हैं परन्तु कई विद्वानों ने इसकी कटु आलोचना की है। इस परिकल्पना की आलोचना करते हुए ह्यूब्स (Hobbs) ने बताया है कि इन द्वीप तोरणों का निर्माण एशिया के मुख्य भाग की ओर से दबाव पड़ने से नहीं हुआ है बल्कि प्रशांत महासागर की ओर से दबाव आने के कारण। रिख्तोफेन (Richthofen) तथा शेभरी (Shephard) ने इन द्वीप तोरणों की उत्पत्ति में सम्बन्धित फ्रैक्चर परिकल्पना (Fracture hypothesis) का प्रतिपादन किया है। उन्होंने द्वीपीय चाप तथा एशिया के मुख्य भाग के किनारे वाले पर्वतों में दरारों का पता लगाया है तथा इस आधार पर बताया है कि इन पर्वतों में एक किनारा मोड़नाकार (Steplike) है तथा सागर की ओर इनका किनारा खड़े ढाल वाला है, जिससे प्रमाणित होता है कि ये तोरण प्रारम्भ में एशिया के मुख्य भाग में सम्बन्धित रहे होंगे परन्तु बाद में इनके बीच भ्रमण के कारण बीच का भाग टूट गया होगा तथा मुख्य स्थलीय भाग में अलग हो गये होंगे।

#### 4. तोकुदा की परिकल्पना (Hypothesis of Tokuda)

हाल ही में जापान के प्रमुख भूगर्भवेत्ता तोकुदा ने कई द्वीप तोरणों की सम्बन्धित बताया कि अध्ययन के बाद उनकी उत्पत्ति के विषय में अपने मत का प्रतिपादन किया है तथा कुछ निलाकर उनका मत स्वेस की परिकल्पना का समर्थन ही नहीं बल्कि उसे प्रमाणित करने का प्रयास भी करता है। अपने मत की पुष्टि के लिए तोकुदा ने शूराइसल चाप, रिक्यू चाप, शिओहिटोमेरियानी चाप (Shiohito-Marianne Arc) तथा मध्य-वर्ती जापानी चाप की संरचना का अध्ययन किया है तथा बताया है कि इनमें दो मण्डल, एक आन्तरिक तथा दूसरा बाह्य, पाये जाते हैं, जिनमें से आन्तरिक मण्डल विस्तृत है परन्तु बाह्य मण्डल अधिकांश रूप में जलमग्न (Submerged under the sea) है तथा इसका कुछ भाग होकैडो (Hokaido) के पास दृष्टिगोचर होता है। आन्तरिक मण्डल में टंगियरी बलन तथा उनके सहारे उन्नामुगुरी का विस्तृत छोटी-छोटी शृङ्खलाओं के रूप में मिलता है। इस आधार पर तोकुदा ने कई प्रयोग किये हैं तथा उनमें प्रामाणिकता के आधार पर यह निष्कर्ष निकाला है कि "जहाँ पर पर्वत निर्माण सम्बन्धी

क्षैतिज दबाव सक्रिय है वहाँ पर सोपानक चाप या सोपानक द्वीप तोरण (Echelon Arc-एशेलान चाप) का निर्माण होगा।" चाप के अन्तिम भाग में बलन की मध्या बढ़ती जाती है परन्तु मध्यवर्ती भाग में बलन की मध्या कम हो जाती है। दबाव तथा बलन के निर्माण के समय जब द्वीप तोरण के अन्तिम भाग में उन्नामुगुरी पड़ती है तो उस भाग में कई उप-बलन के निर्माण प्रारम्भ हो जाते हैं। इसके प्रमुख उदाहरण जापान के क्यूशू (Kyushu) द्वीप तथा दक्षिणी-पश्चिमी जापान के पूर्वी भाग में बहुतायत में मिलते हैं। इस प्रकार अपने प्रयोगों के आधार पर तोकुदा ने यह बताया है कि महाद्वीपीय भागों के किनारे पर द्वीपीय चापों अथवा द्वीप तोरण के निर्माण के विषय में स्वेस की 'बाह्य दबाव परिकल्पना' सत्य है तथा हाज्ज एब रिख्तोफेन के विचार असंगत हैं।

द्वीप चाप तथा द्वीप तोरण के निर्माण के अभिनव मत के लिए देखिये अध्याय आठ, प्लेट विवर्तन सिद्धांत।

#### हिमालय की उत्पत्ति

सामान्य परिचय—हिमालय की उत्पत्ति तथा विषय के सम्बन्ध में कई विद्वानों ने परस्पर विरोधी मतों का प्रतिपादन किया है, जिस कारण वास्तविकता का पता लगाना कठिन कार्य हो जाता है। हिमालय की उत्पत्ति को समझने के लिए हिमालय की अनेक विशेषताओं की ध्यान में रखना होगा। हिमालय, जिसका विस्तार 1,500 मील की लम्बाई तथा 150 से 200 मील की चौड़ाई में पाया जाता है की संरचना में सड़म चट्टानें मुख्य रूप में परतदार हैं (यद्यपि स्पायररन तथा आंगेय क्रियाओं के कारण अन्य चट्टानें भी पाई जाती हैं) जिनको देखने में स्पष्ट होता है कि ये सामूहिक जमाव वाली चट्टानें हैं। इससे यह प्रमाणित होता है कि हिमालय की चट्टानों का निक्षेप प्रारम्भ में एक मागर में हुआ होगा। हिमालय की लम्बाई तथा चौड़ाई को देखने में स्पष्ट होता है कि ये सागर अत्यधिक लम्बे तथा नकुरे रहे होंगे। पुनः हिमालय की चट्टानों में उभरे मागर के जीवावशेष (Fossils) पाये गये हैं। अतः सागर उथला रहा होगा। परन्तु हिमालय में पाई गयी ज्वारी हज़ारों फीट मोटी चट्टानों में यह स्पष्ट हो जाता है कि जिस उथले, सकरे तथा लम्बे मागर में तलछटीय निक्षेप हुआ होगा उसका तल नीचे धँसता गया होगा। हिमालय की दूसरी ध्यान देने योग्य विशेषता उसका उत्तर-पश्चिम तथा पूर्व में घुमाव (Syntaxes) हैं। अर्थात् उत्तर-पश्चिम में इसकी गैरियरी दक्षिण-पश्चिम दिशा में

सुलेमान तथा किरियर के रूप में फैली है। उन्हीं प्रकार ब्रह्मपुत्र नदी के पूर्व में हिमालय की श्रेणियाँ उत्तर-दक्षिण दिशा में आसाम तथा बर्मा की पहाड़ियों के रूप में फैली है। इन दो मोड़ों के बीच मुख्य हिमालय एक ऋष-के आकार में पश्चिम में पूर्व दिशा में फैला है। हिमालय का मध्यवर्ती क्षुद्राक्ष दक्षिण की ओर है। यह मुकाबल ग्लान देने योग्य है। हमें प्रमाणित होता है कि बलन की दिशा उत्तर में दक्षिण थी। साथ ही साथ हिमालय के दक्षिण (सैदान के दक्षिण) में स्थित प्रायद्वीपीय भाग की स्थिति तथा उसका उत्तरी आकार भी हिमालय के बर्तनकार रूप के लिए जिम्मेदार बताया जा सकता है। हिमालय की तीन श्रेणियों के फैलाव तथा उनके बीच की पारम्परिक दूरी पर ध्यान देना होगा। ये तीन श्रेणियाँ पश्चिम में अधिक दूर-दूर तथा पूर्व की ओर पास-पास होनी चली गई हैं। यहाँ तक कि मुद्गर पूर्व में ये एक दूसरे के इतने करीब आ गई हैं कि इन्हें अलग करना कठिन होता है। दो श्रेणियों के बीच में छग (Fault) पाई जाती है जिन्हें छगल रेखा (Fault line) कहा जाता है। शिवालिक श्रेणी तथा लघु हिमालय के बीच स्थित मैन रेंज को "मुख्य विभंजन सीमा" (Main Boundary Fault) कहा जाता है। महान हिमालय तथा लघु हिमालय दूसरे के समानान्तर तथा पश्चिम से पूर्व क्रमवद्ध शृंखला के रूप में पाये जाते हैं, परन्तु शिवालिक पहाड़ियाँ अमम्बद्ध रूप में अन्य दो श्रेणियों के समानान्तर दक्षिण में पाई जाती हैं। उत्तर के कुल्लुन तथा दक्षिण में हिमालय श्रेणियों के मध्य तिब्बत का पठार एक मध्य देश (Median mass) के रूप में पाया जाता है। हिमालय की ऊँचाई पश्चिम से पूर्व में अधिक है। इन तथ्यों को ध्यान में रखकर हिमालय की उत्पत्ति की व्याख्या करनी चाहिये। हिमालय के विकास में साप्राण रूप में (कुछ जटिल तथा विवादास्पद समस्याओं को छोड़कर) निम्न अवस्थाओं का उल्लेख किया जा सकता है—

1. टैथीज भूसन्नति की अवस्था (Stage of Tethys Geosyncline)—हिमालय की उत्पत्ति के विषय में एडवर्ड स्वेस, कर्नल सिडनी नुरार्ड, आरएण्ड, कोबर तथा बेंडेल एवं फाबस महोदयों ने अपने मतों की व्याख्या प्रस्तुत की है, परन्तु इनके विचारों में पर्याप्त मतभेद है। परन्तु इतना तो सभी मानते हैं कि हिमालय का विकास एक ऐसे सागर से हुआ है जिसकी भूसन्नति की सहा प्रदान की जा सकती है। विवाद का विषय पर्वतीकरण

के लिए उत्तरदायी शक्ति तथा उसकी दिशा-मामून्धी है। हिमालय के भूगर्भिक इतिहास का विश्लेषण स्वेस नामक विद्वान के टैथीज सागर में प्रारम्भ किया जाता है। यहाँ पर यह उल्लेखनीय है कि आगे का विवरण स्वेस के विचार पर आधारित है। परन्तु पुन माधारण रूप में प्रस्तुत किया जा रहा है। विभिन्न विद्वानों के मतों का उल्लेख खलस से किया जायेगा। हिमालय के निर्माण के विषय में लेखक इतना तो निश्चित रूप में कह सकता है कि हिमालय की विभिन्न श्रेणियों का निर्माण एक गतिशाली पार्श्ववर्ती उत्क्रम (Lateral thrust क्षेत्र) द्वारा हुआ है। परन्तु यह पार्श्ववर्ती उत्क्रम तथा सम्पीडन केवल एक ही पार्श्व (Side) से आया अथवा दोनों पार्श्वों में आया? इस विषय में विवाद है। स्टेड विवर्तन सिद्धान्त के आधार पर अब प्रमाणित हो गया है कि सम्पीडनात्मक बल दोनों दिशाओं (उत्तर तथा दक्षिण) में आया। और यह प्रक्रिया आज भी सक्रिय है। इसका उल्लेख आगे किया जायेगा। जहाँ पर आज हिमालय पर्वत तथा उसकी विभिन्न शाखाएँ हैं, वहाँ पर मेसो-जोइक कल्प में एक सागर का विस्तार था, जिसका नामकरण टैथीज किया गया है। इस विस्तृत सागर की भूगर्भवैताओं ने टैथीज भूमन्नति का नाम दिया है। इस भूसन्नति का विस्तार पश्चिम में वर्तमान रूप सागर तक था तथा अल्पाइन पर्वतीय क्षेत्र (यूरोप) के स्थान पर भी इसी सागर का विस्तार था। टैथीज सागर के भूगर्भिक इतिहास के विषय में भी मतभेद हैं। कुछ लोग इसकी स्थिति पेलोजोइक युग में भी बताते हैं। इन लोगों के अनुसार पेलोजोइक युग के अन्त में तथा मेसोजोइक के प्रारम्भ में टैथीज का विस्तार पूर्व में चीन से लेकर पश्चिम में यूरोप तक था। द्विप्रासिक काल में टैथीज पश्चिम की ओर जपमर होने लगा जिस कारण चीन जलमूक्त होकर स्थल-खण्ड हो गया। यहाँ पर यह उल्लेखनीय है कि टैथीज का मेसोजोइक युग के पहले चले जो भी भूगर्भिक इतिहास तथा स्थिति गृहीत हो, इतना तो अवश्य निश्चित है कि मेसोजोइक कल्प में यूरोप तथा एशिया के अल्पाइन पर्वतों के स्थान पर टैथीज भूसन्नति का विस्तार अवश्य था। यह भी महत्वपूर्ण तथ्य है कि टैथीज की स्थिति सम्पूर्ण मेसोजोइक कल्प में एक समान नहीं थी परन्तु इसमें अग्रगमन तथा निवर्तन तथा विस्तार एवं संकुचन होता रहा, क्योंकि यह पहले ही बताया जा चुका है कि भूसन्नतियाँ जल के चर भेज (Mobile zones of water) होती हैं।

स्वेस महोदय के अनुसार टेथीज भूसन्नति के दोनों पाश्वर् (उत्तर तथा दक्षिण) पर स्थिर भूखण्डों का विस्तार था। स्वेस ने उत्तरी भूखण्ड को अंगारालैंड बताया है। टेथीज के दक्षिण में गोंडवानालैंड था, जिसमें दक्षिणी अमेरिका, अफ्रीका, मेडागास्कर, प्रायद्वीपीय भारत तथा आस्ट्रेलिया सम्मिलित थे। मेसोजोइक कल्प के अन्त में (प्रादुर्भाविक क्रीटसियस) इस भूगोलीय स्थिति में महान परिवर्तन प्रारम्भ हो गया। अज्ञात भू-तलचल के कारण टेथीज भूगन्नति का तल ऊपर उठने लगा, जिस कारण दोनों पाश्वर् के स्थलीय भाग पर सागर का अतिक्रमण हो गया। इस प्रकार टेथीज का विस्तार क्रीटसियस युग में दक्षिणी तिब्बत से लेकर वर्तमान आसाम से मित्रिकम की सीमा तक हो गया था एवं शिलांग के पठार का अधिकांश भाग सागर के नीचे हो गया था। टेथीज सागर के तल के ऊपर उठने से गोंडवानालैंड का विभजन हो गया तथा अफ्रीका, मेडागास्कर एवं आस्ट्रेलिया आदि प्रायद्वीपीय भारत से अलग हो गये, जिन कारण हिन्द महासागर का आविर्भाव हुआ। अब टेथीज सागर के उत्तर में अंगारालैंड तथा दक्षिण में प्रायद्वीपीय भारत बच रहे। टेथीज भूसन्नति में दोनों पाश्वर् में नदियों द्वारा लाए गए तलछट का जमाव होता रहा।

**हिमालय का उत्थान**—जैसा कि ऊपर बताया जा चुका है कि टेथीज भूसन्नति की स्थिति पैल्योजोइक कल्प के अन्त से ही चली आ रही थी, जल हममें अत्यधिक तलछट का निक्षेप होता रहा, यही कारण है कि हिमालय पर्वत में प्राचीनतम चट्टानों के भी अवशेष वर्तमान जमाव के रूप में पाए जाते हैं। वास्तव में टेथीज के निर्माण-काल से ही जगमें नदियों ने अंगारालैंड से अपरदन द्वारा प्राप्त तलछट का जमाव प्रारम्भ कर दिया था। निश्चय ही टेथीज भूसन्नति उथली रही होगी जिसमें तलछटीय भार के कारण उसका तल धँसता गया होगा। इस प्रकार एक सम्बन्ध समय तक जमाव (Sedimentation) तथा धँसाव (Subsidence) के कारण ही तलछट की इतनी मोटी परत का जमाव हो गया होगा कि 8848 मीटर ऊँचे हिमालय का निर्माण सम्भव हो सका। टेथीज भूसन्नति को मौलिक रूप में ही अत्यधिक गहरा नहीं माना जा सकता है, क्योंकि इसमें प्राप्त जीवावशेष द्रव्य प्रकार के हैं कि उनका आविर्भाव केवल उथले सागर में ही सम्भव हो सकता है। मेसोजोइक कल्प तक निरन्तर जमाव तथा धँसाव होता रहा परन्तु क्रीटसियस युग में अचानक टेथीज सागर के तल के ऊपर उठने से भूसन्नति के तलछट में

वलन प्रारम्भ हो गया तथा विस्तृत हिमालय पर्वत (अन्य अल्पाइन पर्वत-श्रेणियों का भी) का निर्माण हो गया। यहाँ पर उल्लेखनीय है कि हिमालय पर्वत का निर्माण एक अचानक क्रिया नहीं रही है जिस कारण समस्त हिमालय का निर्माण एक ही बार सीमित समय में हो गया। इसके विपरीत हिमालय-पर्वतीकरण (Himalayan orogeny) एक विस्तृत घटना रही है, जिसमें हिमालय की विभिन्न श्रेणियों का निर्माण कई अवस्थाओं में असंग-अलग रूपों में हुआ है। हिमालय का, इस प्रकार, निर्माण तीन अवस्थाओं अथवा मजिनो (Stages) में हुआ है तथा प्रत्येक अवस्था को हिमालय का उत्थान कहा जाता है।

(i) हिमालय का प्रथम उत्थान (First Uplift)—मेसोजोइक युग के अन्त में टेथीज सागर के तल के ऊपर उठने से भूतलचल होने के कारण टेथीज सागर के तलछट में वलन प्रारम्भ हो गया। क्रीटसियस युग के अन्त में तथा टर्शियरी युग के प्रारम्भ में (सम्भवतः इयोसिन युग में) अंगारालैंड दक्षिण की ओर सरकने लगा तथा गोंडवानालैंड अपनी जगह पर स्थिर था। इस प्रकार उत्तर से आने वाले सन्पीडन तथा दक्षिण के अवरोध के कारण टेथीज का अधिकांश भलबा बलित होकर मोड़ में बदल गया तथा हिमालय की प्रमुख उत्तरी श्रेणी जिसे बृहत् हिमालय (Greater Himalaya or Inner Himalaya) कहा जाता है, का निर्माण हुआ। इस उत्थान को हिमालय का प्रथम उत्थान कहा जाता है जिसका समापन इयोसिन युग में हुआ माना सकता है। यहाँ पर पुन विवादास्पद मत प्रचलित हैं। डी-टेरा के अनुसार सर्वप्रथम हिमालय का उत्थान मध्य क्रीटसियस युग में हुआ जिसे काराकोरम की अवस्था कहा जाता है। इतना ही नहीं, इसके प्रारम्भ में भी पर्वत-निर्माण का उल्लेख किया गया है। मिडिलमिस तथा प्रोसवेच विद्वानों के अनुसार जुरैसिक युग के प्रारम्भ में ही एक एक विस्तृत पर्वतीकरण हुआ जिस कारण हिमालय तथा हजारों पर्वत श्रेणियों का निर्माण हुआ। हेडेन तथा ओल्डहम विद्वानों ने भी इस मत को स्वीकृति प्रदान की है। विवादों के जान से बचने के लिये यह कहा जा सकता है कि इयोसिन युग के पहले कुछ छिट-पुट यत्न पड़े होते परन्तु बृहत् हिमालय की आन्तरिक श्रेणी का अन्तिम निर्माण इयोसिन युग में ही समाप्त हुआ होगा।

(ii) हिमालय का द्वितीय उत्थान (Second Uplift)—बृहत् या आन्तरिक हिमालय के निर्माण के

बाद उसके दक्षिण में टेथीज का जल सिकुड़ कर अवशिष्ट जलभाग के रूप में बच रहा। इस भाग में आन्तरिक हिमालय से आने वाली नदियों ने अपने साथ लाये हुये भलवा-का निक्षेप करना प्रारम्भ कर दिया। यह उल्लेखनीय है कि हिमालय की प्रथम श्रेणी के निमित्त होते ही उस पर नदी-नालों का आविर्भाव हो गया जो कि हिमालय से काट-छांट में सलग्न हो गये। इस प्रकार से प्रथम हिमालय ने अनाच्छादन से प्राप्त भलवा के निक्षेपण से टेथीज का अवशिष्ट भाग भरने लगा तथा एक प्रकार की नवीन जलज परतदार शैल का निर्माण हुआ। मायोसिन युग में पुन अज्ञात भूहलचल के कारण हिमालय में उत्थान प्रारम्भ हो गया, जिस कारण टेथीज का भलवा वसित होकर आन्तरिक हिमालय के दक्षिण में उसके समानान्तर एक पर्वत-श्रेणी के रूप में परिदत्तित हो गया तथा लघु हिमालय का निर्माण हुआ। लघु हिमालय की संरचना सागरीय चट्टानी में हुई है, जिसमें प्राचीन काल के जीवावशेष पाये जाते हैं। इस श्रेणी की सबसे बड़ी विशेषता यह है कि मेडोनियम का निर्माण इसी में हुआ था जो कि वर्तमान समय में लघु हिमालय की तलहटी में पाया जाता है। लघु हिमालय के निर्माण के साथ ही माय आन्तरिक हिमालय में पुन उत्थान हुआ जिस कारण पर्वत-श्रेणियों ने और अधिक ऊँचाई प्राप्त की। मायोसिन युग में सम्पन्न हुए हिमालय के दूसरे उत्थान को द्वितीय उत्थान कहा जाता है।

(iii) हिमालय का तृतीय उत्थान (Third Uplift)—लघु हिमालय के निर्माण तक टेथीज का प्रायः अधिकांश भाग वसित होकर पर्वत श्रेणी का रूप धारण कर चुका था। श्रेणियों के निर्माण के बाद टेथीज का अवशिष्ट जल एक सँकरी जल भाग के रूप में बदल गया, जिसे विद्वानों ने शिवालिक नदी या इण्डोप्रस्था की सहाय प्रदान की है। इसकी प्रवाह दिशा पूर्व से पश्चिम की ओर थी। उस समय वर्तमान गङ्गा नदी तथा कुमायूँ तक सागर का विस्तार था, जिसे सिन्ध की खाड़ी कहा गया है। शिवालिक नदी इसी सिन्ध की खाड़ी में गिरती थी। ऐसा विश्वास किया जाता है कि प्लासोसीन युग में पुन भूहलचल प्रारम्भ हो गयी, जिस कारण हिमालय की दो श्रेणियों में पुन उत्थान हुए तथा इस ऊँचाई के कारण शिवालिक का तल भी ऊँचा उठने लगा तथा शिवालिक का समस्त भाग वसित होकर हिमालय की दो श्रेणियों के दक्षिण एक तृतीय श्रेणी के रूप में बदल गया, जिसे शिवालिक श्रेणी अथवा तल प्रादेशिक श्रेणियाँ (Foot-

hills) कहा जाता है। शिवालिक का निर्माण यद्यपि प्लासोसीन युग में ही प्रारम्भ हो गया था परन्तु इसका समापन मध्य प्लासोसीन युग में हुआ। इसी समय कश्मीर के कारेवा सागर का तल उठने लगा तथा शीर पंचाल श्रेणी का निर्माण हुआ। यह श्रेणी कश्मीर को पंजाब से अलग करती है। कश्मीर की घाटी का निर्माण भी इसी सागर के भरने में हुआ है। कारेवा सागर का कुछ जल बच रहा है जो कि कश्मीर की वर्तमान झीलों के रूप में विद्यमान है।

### शिवालिक की उत्पत्ति की समस्या

यदि एक ओर ब्रह्म हिमालय तथा लघु हिमालय के निर्माण अत्यधिक मरल हैं तो दूसरी ओर शिवालिक-श्रेणी की उत्पत्ति अधिक जटिल तथा उलझी हुई है। इसके निर्माण के विषय में विभिन्न विद्वानों ने अपने परस्पर विरोधी मतों का प्रचलन किया है। शिवालिक-श्रेणी के निर्माण के सम्बन्ध में तीन तथ्यों को ध्यान में रखना होगा। प्रथम, शिवालिक-श्रेणी में तलछट की तह का 15,000 से 20,000 फीट की गहराई तक पाया जाना। द्वितीय, शिवालिक की संरचना में सलग्न अवसाद अपेक्षाकृत नूतन है, तथा, तृतीय, तलछटीय जमाव के साथ ही कुछ सागरीय जीवावशेष भी मिलते हैं। इस प्रकार शिवालिक के जमाव को देखने से स्पष्ट होता है कि ये हिमालय की दो श्रेणियों से नदियों द्वारा लाये गये अवसाद ही हैं, जिनका जमाव पर्वतीय तलहटी में हो गया था। शिवालिक के निर्माण के विषय में दो घटनाओं पर बल दिया जाता है—1 जमाव की क्रिया तथा 2. शुनियुक्त उत्थान (Marked Uplift)। शिवालिक क्षेत्र में अत्यधिक गहराई (15,000 से 20,000 फीट) तक तलछट के जमाव के भी कई कारण बताये जाते हैं। कुछ भूगर्भवेत्ताओं के अनुसार शिवालिक क्षेत्र की अधिक गहराई विवर्तनिक अवतलन (Tectonic downwarp) के कारण प्राप्त हुई, जिसमें अवसाद का निक्षेप होता रहा। शिवालिक-श्रेणी के विषय में यह ध्यान देने योग्य बात है कि ये पहाड़ियाँ एक क्रमबद्ध शृंखला के रूप में नहीं पाई जाती हैं, वरन् बीच-बीच में उनमें अयम्यदता (Discontinuity) भी पाई जाती है। इस प्रकार के क्षेत्र की यहाँ पर "डून्" (Doon—पश्चिम में) तथा "द्वार" (Duar—पूर्व में) कहा जाता है। शिवालिक-श्रेणी के निर्माण के विषय में निम्न मतों का उल्लेख किया जा सकता है—

1. शिवालिक का निर्माण शिवालिक नदी के प्राकृतिक तटबन्ध से हुआ है कुछ भूगर्भवेत्ता यह मानते हैं कि शिवालिक श्रेणियाँ वास्तव में शिवालिक नदी के प्राकृतिक तटबन्ध ही हैं जो कि सम्पीडन के कारण मोड़ में बदलकर वर्तमान रूप को प्राप्त हुई हैं। इनके अनुसार हिमालय की दो श्रेणियाँ— बृहत तथा लघु हिमालय, के निर्माण के बाद टेथीज का अवशिष्ट जल एक सेंकरी नदी के रूप में परिवर्तित हो गया। इस नदी का नामकरण पस्को (Pasco) नामक विद्वान ने इण्डोब्रह्मा तथा पिलग्रिम (Pilgrim) ने शिवालिक रिया है। शिवालिक नदी पूर्व में उत्तर-पश्चिम दिशा में प्रवाहित होती थी तथा इसका प्रवाह-मार्ग ऊपरी आमाश में अरावली तक था, जहाँ पर यह सिन्धु की खाड़ी में गिर जाती थी। इस नदी ने अपने दोनों पर अत्यधिक मलबा का जमाव प्रारम्भ कर दिया जिस कारण नदी के दोनों तटों पर प्राकृतिक भित्तियों या प्राकृतिक तटबन्धों का निर्माण हो गया। प्लायोसोन युग में भूतलचल के कारण शिवालिक नदी का तल ऊपर उठा तथा उसके प्राकृति तटबन्धों में सम्पीडन के कारण बलन पड़ जाने से शिवालिक श्रेणियों का निर्माण हुआ। चूँकि हिमालय की इस तृतीय श्रेणी का निर्माण शिवालिक नदी के प्राकृतिक तटबन्ध से हुआ अतः इसे शिवालिक-श्रेणी कहा जाता है। इस मत के विपरीत कुछ आलोचकों का कहना है कि केवल प्राकृति तटबन्ध में बलन पड़ने से एक विस्तृत शृंखला का 5,000 फीट की ऊँचाई तक निर्माण नहीं हो सकता। इस मत में समोधन के रूप में यह बताया गया है कि प्लायोसोन युग में न केवल प्राकृतिक तटबन्ध में बलन पड़े बल्कि समस्त शिवालिक नदी की घाटी ही ऊपर उठी तथा सम्पीडन के कारण मोड़ में बदल गई तथा शिवालिक श्रेणियों का निर्माण हुआ।

2. शिवालिक का निर्माण जलोढ़ पथों से हुआ है— इस मत के समर्थकों के अनुसार हिमालय के निर्माण के बाद उमरों निकल कर कई नदियाँ शिवालिक में आकर मिलती थी। इन नदियों ने पर्वतीय भागों के नीचे रेत (Sand), घेसेल<sup>1</sup> (Gravel) आदि का जमाव करना प्रारम्भ कर दिया। फलस्वरूप पर्वतीय भागों ने निचले ढालों पर कई जलोढ़ पथों का निर्माण हो गया। बाद में विस्तार के कारण कई जलोढ़ पथ एक दूसरे से मिल गये, जिससे

विस्तृत पथों का निर्माण हो गया। प्लायोसोन युग में भूतलचल के कारण सम्पीडन के कारण इन जलोढ़ पथों में बलन पड़ गया तथा शिवालिक श्रेणियों का निर्माण हो गया। इस मत के विपरीत कई कठिनाइयाँ उपस्थित हो जाती हैं। 1—यदि यह मान लिया जाय कि शिवालिक का निर्माण जलोढ़ पथों से हुआ है तो शिवालिक की सरचना में समानता नहीं होनी चाहिए क्योंकि प्रत्येक जलोढ़ पथ में अलग-अलग जमाव के कारण सरचना सम्बन्धी विभिन्नता रही होगी। इसके विपरीत शिवालिक श्रेणी में सरचना सम्बन्धी समरूपता पाई जाती है। 2—केवल जलोढ़ पथों के सम्मिलन से एक विस्तृत श्रेणी का निर्माण नहीं हो सकता है। 3—यदि शिवालिक का निर्माण जलोढ़ पथों से हुआ तो इतनी क्रमबद्ध (यद्यपि असम्बद्धताएँ भी हैं) शृंखला का निर्माण 5,000 फीट की ऊँचाई तक नहीं हो सकता है। साथ ही साथ पथों के जमाव से शिवालिक की 15,000 से 20,000 फीट की गहराई तक पाई जाने वाली तलछट का जमाव प्रमाणित नहीं किया जा सकता है। इस प्रकार उपर्युक्त आपत्तियों के आशय पर शिवालिक का निर्माण जलोढ़ पथों से नहीं माना जा सकता है।

3 शिवालिक का निर्माण झीलों के भरने से हुआ है— इस मत के अनुसार हिमालय के निर्माण के बाद टेथीज भूमिश्रिता का जल छोटी-छोटी अमध्य झीलों में बदन गया। इन झीलों में लगातार निक्षेप होता रहा, जिस कारण इन झीलों का पेदा भरता रहा तथा झीलें उथली होती गई। प्लायोसोन युग में अचानक भूतलचल के कारण इन झीलों का तल ऊपर उठा तथा उनका मलबा वलित होकर मोड़ में बदन गया; जिस कारण हिमालय की दो श्रेणियों के दक्षिण में उनके समानांतर एक तृतीय असम्बद्ध शृंखला का निर्माण हुआ जिसे शिवालिक के नाम से जाना जाता है। चूँकि इसका निर्माण विभिन्न झीलों के भरने से हुआ है, अतः यह एक लगातार तथा क्रमबद्ध शृंखला के रूप में न होकर असम्बद्ध रूप में पाई जाती है। इस मत के विपरीत भी उपर्युक्त सभी कठिनाइयाँ उपस्थित हो जाती हैं तथा यह मानना कोरी कल्पना ही लगता है कि शिवालिक का निर्माण झीलों के भरने से हुआ होगा। इस प्रकार शिवा-

लिक के निर्माण के विषय में परस्पर विरोधी कई मत प्रस्तुत किये गये हैं, जिसमें वास्तविकता का पता लगाना कठिन हो जाता है। जब तक किसी तर्कपूर्ण निश्चित मत का प्रतिपादन नहीं कर दिया जाता तब तक यही माना जा सकता है कि जिवालिक का निर्माण शिवालिक नदी के पेट के ऊपर उठने तथा उसके बलित होने के कारण हुआ होगा।<sup>1</sup>

**हिमालय के निर्माण में प्रयुक्त शक्तियाँ—(Forces in the Evolution of the Himalayas)**—यद्यपि इस समस्या पर आगे चलकर बृहत् रूप में व्याख्या की जायेगी तथा विभिन्न विद्वानों के मतों का उल्लेख किया जायेगा तथापि यहाँ पर साधारणीकरण के लिये इस समस्या पर प्रकाश डाला जा सकता है। हिमालय की श्रेणियों की चाप आकृति की देखने में स्पष्ट होता है कि उत्तर से दक्षिण की शक्ति आयी होगी, जिस कारण टेथीज का मनचा बलित हो गया होभा तथा उत्तर का आकार अवनत हो गया होगा। साधारण नियम के अनुसार शक्ति का उद्गम-स्थान वक्र की विपरीत दिशा में होता है। चूँकि हिमालय का वक्र अथवा झुकाव (Curvature) दक्षिण की ओर है, अतः शक्ति का आगमन उत्तर से ही हुआ होगा। इसे पार्श्वबल<sup>2</sup> बल अथवा पार्श्वबल<sup>2</sup> उत्क्रम (Lateral force or lateral thrust) कहा जाता है। इस पार्श्वबल<sup>2</sup> शक्ति का आगमन कैसे हुआ ? यह समस्या भी विवादस्पद है। कुछ विद्वानों के अनुसार यह शक्ति महाद्वीपीय प्रवाह सिद्धान्त के अनुसार महाद्वीपीय स्थल छण्डों (अगाग्लैंड) के सरकने से उत्पन्न हुई थी जब कि मनुचनवादी इसे पृथ्वी के अन्दर ताप-द्वारों के कारण पृथ्वी की पपगी में मनुचन का प्रतिक्रिया बताते हैं।



चित्र 173—सम्पीडनात्मक बल की दिशा।

**हिमालय के झुकाव के कारण**—यदि पायोर की गाँठ से निकलने वाले मोड़दार पर्वतों पर दृष्टिपात किया

जाये तो स्पष्ट हो जायेगा कि इनके निर्माण में कोई अरोध शक्ति (Radial force) उत्पन्न नहीं रही है। जैसे-जैसे यह शक्ति दक्षिण की ओर बढ़ती गई उसमें वृद्धि होती गई। यही कारण है कि हिमालय के बीच में दक्षिण की ओर अत्यधिक मुकाव पाया जाता है। टेथीज के दक्षिण में प्रायद्वीपीय भाग का स्थिर भूखण्ड एक अप्रदेश (Foreland) के रूप में स्थिर था ? उत्तर से आने वाली दबाव की शक्ति के मार्ग में इस गठार ने अवरोध उत्पन्न किया। इस पठारी भाग के उत्तर पश्चिम में अरावली तथा उत्तर-पूर्व में शिलांग के पठार टेथीज के अत्यधिक नजदीक थे तथा ये दक्षिणी पठार की दो सीमा के रूप में थे। इस प्रकार अरावली तथा शिलांग पठार के कारण इनके बीच हिमालय की श्रेणियों की दक्षिण की ओर झुकना पड़ा, जिस कारण हिमालय का आकार तलवार या चाप के रूप में हो गया, जिसका मध्यवर्ती झुकाव दक्षिण की ओर है। चूँकि शिलांग का पठार टेथीज के अधिक नजदीक था, अतः पूर्वी भाग में बलन की क्रिया सर्वाधिक हुई। फलस्वरूप मध्य श्रेणियाँ एक दूसरे के अत्यधिक करीब हैं तथा पूर्वी भाग में ही हिमालय का सर्वोच्च भाग पाया जाता है। उत्तर-पश्चिम में अरावली टेथीज से अपटाकृत दूर था, अतः पूर्व की अपेक्षा यहाँ पर बलन अधिक प्रबल नहीं रहा। फल-स्वरूप हिमालय की श्रेणियाँ एक दूसरे से दूर-दूर पायी जाती हैं। अधिक पश्चिम जाने पर यह दूरी बढ़ती ही जाती है। हिमालय की श्रेणियों के मितल-स्थान अथवा दो श्रेणियों के बीच भ्रमण रेखा (Fault line) पायी जाती है। ये मध्यविकाश की शक्ति हैं तथा ये दृष्टि करती हैं कि हिमालय की श्रेणियों का निर्माण अलग-अलग अवस्थाओं में भिन्न-भिन्न समयों में हुआ होगा। अत्यधिक अपरदन, घुटन अथवा तथा हिमानीकरण के फलस्वरूप बृहत् हिमालय तथा लघु हिमालय के मध्य की भ्रमण रेखाएँ स्पष्ट रूप में दृश्य नहीं हैं। इसके विपरीत हिमालय तथा शिवालिक के मध्य की भ्रमण रेखाएँ स्पष्ट रूप में दृश्य हैं तथा पश्चिम से पूर्व, विभिन्न भ्रमण रेखाओं का पता लगाया गया है। इस क्षेत्र में भ्रमण रेखाओं का मुख्य विभंजन मोमा (Main Boundary Fault Line) कहते हैं। इन भ्रमण रेखाओं की समस्या पश्चिम में पूर्व की ओर घटती जाती है, जिसका प्रमुख कारण पूर्व में

1 इस परिवर्तन की स्वीकार करने पर उत्तरी भारत की प्रवाह-प्रणाली सम्बन्धी कई कठिनार्था उपस्थित हो जाती हैं।

अत्यधिक वलन का होना है। नीचे हिमालय पर्वत के निर्माण सम्बन्धी सिद्धान्तों की संक्षिप्त विवेचना की जा रही है।

1. **स्वेस महोदय का मत**—स्वेस महोदय के अनुसार हिमालय का निर्माण उत्तर से दबाव आने से टेथीज के मलवा में वलन पड़ने से हुआ। स्वेस के मतानुसार टेथीज के उत्तर में अंगारालैण्ड एक पृष्ठ प्रदेश (Back-land) के रूप में था जो कि दक्षिण की ओर सरक रहा था। इसके विपरीत टेथीज के दक्षिण में गोडवानालैण्ड का भाग प्रायद्वीपीय भारत एक अप्रदेश के रूप में स्थिर भूखण्ड था तथा इसमें कोई गति नहीं हुई। इस प्रकार अंगारालैण्ड के दक्षिण सरकने तथा गोडवानालैण्ड के स्थिर रहने से टेथीज का मलवा, बीच में सम्पीडित होकर मोड़ के रूप में बदल गया। पश्चिम में अरावली तथा पूर्व में शिलांग पठार के अवरोध के कारण हिमालय की श्रेणियाँ धनुषाकार अथवा बक्राकार हो गयीं। हिमालय की इस आकृति से स्वयं डॉ. डम विचार को, कि दबाव की शक्ति उत्तर में आई काफी बल मिलता है।

2. **आराण्ड की संकल्पना**—आराण्ड महोदय के अनुसार दबाव की शक्ति का प्रसरण दक्षिण दिशा से हुआ था। अर्थात् टेथीज के दक्षिण में स्थित गोडवानालैण्ड उत्तर की ओर सरकने लगा जबकि अंगारालैण्ड अपनी जगह पर स्थिर था। इस प्रकार में दक्षिण से दबाव आने के फलस्वरूप टेथीज का मलवा मोड़ में बदल कर हिमालय पर्वत के रूप में परिवर्तित हो गया। आराण्ड की यह विचारधारा व्यापक प्रतीत नहीं होती है क्योंकि हिमालय के आकार को देखते हुए दक्षिण दिशा से शक्ति के प्रसरण के विषय में विश्वास नहीं हो पाता।

3. **कोबर की संकल्पना**—कोबर की विचारधारा उपर्युक्त दोनों मतों में बिल्कुल भिन्न है। इनके अनुसार मोड़दार पर्वत के निर्माण में भूसन्नति के दोनों पार्श्वों से दबाव पड़ता है तथा साधारण दबाव होने से दोनों किनारों पर समानांतर श्रेणियों का निर्माण हो जाता है तथा मध्य का भाग वलन-क्रिया से अप्रभावित रह जाता है। इस भाग को मध्य देश (Median mass) की संज्ञा दी जाती है। परन्तु जब दबाव अधिक प्रबल होता है तो भूसन्नति का समस्त मलवा मोड़ में बदल जाता है तथा कोई भाग अप्रभावित नहीं रह पाता है। इस प्रकार कोबर के अनुसार टेथीज के दोनों किनारों पर स्थित

अंगारालैण्ड तथा गोडवानालैण्ड अप्रदेश (Foreland) के रूप में थे। पर्वत निर्माण के समय (Eocene period) दक्षिण में गोडवानालैण्ड तथा उत्तर में अंगारालैण्ड एक दूसरे की ओर सरकने लगे, जिस कारण टेथीज के दोनों किनारों पर तलछट में वलन पड़ने से पर्वत श्रेणियों का निर्माण हुआ। उत्तर में कुनलुन पर्वत तथा दक्षिण में हिमालय का निर्माण हुआ। इन दोनों पर्वत-श्रेणियों के मध्य टेथीज का कुछ भाग अवशिष्ट रह गया जो कि मध्य देश का उदाहरण है। यद्यपि कोबर का मत अधिक विश्वसनीय लगता है परन्तु यह आवश्यक नहीं है कि जक्तियाँ दोनों पार्श्वों से प्रसारित हों। अधिकांश विद्वान् एक पार्श्वीय शक्ति पर ही विश्वास करते हैं। हिमालय के निर्माण के समय ही उसके सामने एक गहरे गर्त का निर्माण हो गया जिसमें तलछटीय निक्षेप के कारण उसके भर जाने पर सिन्धु-नगा के मैदान का निर्माण हुआ। प्लेट विवर्तन सिद्धान्त (1960) के प्रतिपादन में कोबर के मत का (कम से कम) दोनों पार्श्वों के गतिशील होने का भरोसा हो जाता है।

4. **बुरार्ड की संकल्पना**—बुरार्ड महोदय ने सन् 1912 ई० में हिमालय के निर्माण के सम्बन्ध में अपने मुकुचन सिद्धान्त का प्रचलन किया। इनके अनुसार पृथ्वी के धरातल के नीचे एक दूसरी तह है, जो कि गर्त-गर्त गीतल हो रही है। गीतल होने पर इस दूसरी तह में मुकुचन आ जाता है, जिस कारण यह फट जाती है तथा इसके फटने से प्रायः टुकड़े उधर-उधर विस्थापित (हट जाते हैं) हो जाते हैं। इस प्रकार नीचे की तह के फटने तथा उधर-उधर हटने से ऊपरी तह में मुकुचन पड़ जाता है, जिस कारण मोड़दार पर्वतों का निर्माण होता है। इसी प्रकार से हिमालय का निर्माण हुआ है। नीचे वाली तह के टुकड़ों अथवा खण्डों के हट जाने से रिक्त स्थान में नदियों द्वारा लाये गये तलछट का निक्षेप होने लगता है तथा वह भाग भर जाता है। उपर्युक्त प्रक्रिया के अनुसार यह पदार्थ भी मुकुचन के कारण मुड़ गया, जिस कारण शिवालिक श्रेणी का निर्माण हुआ। इस मत के प्रतिपादन के समय ही इसकी बटु आलोचना की गई तथा वर्तमान समय में यह मत मान्य नहीं है। इस मत के मान्य होने पर संतुलन सम्बन्धी अनेक कठिनाईयाँ उपस्थित हो जाती हैं। इसी प्रकार इस मत के आधार पर हिमालय के निर्माण में प्रयुक्त दबाव की वास्तविक दिशा प्रमाणित नहीं हो पाती है।

5 फास तथा वेडेल के मत—प्राच्य तथा वेडेल ने उपर्युक्त मतों के विपरीत विस्तृत अलग सिद्धान्त का प्रतिपादन किया है। इनके अनुसार हिमालय पर्वत का निर्माण दो क्रियाओं के अनुसार हुआ है। प्रथम घटना में तिब्बत के पठार के पृष्ठ प्रदेश (तिब्बत के पीछे से) से दबाव आने के कारण तिब्बत के पठार के किनारे वाला भाग में मिनुटने पड़ गयी, जिस कारण ऊपर उठने से पर्वत-श्रेणियों का निर्माण हुआ। सिकुड़न से उत्पन्न यही मोड़ वर्तमान समय के हिमालय हैं। द्वितीय घटना के अनुसार नदियों ने सिकुड़न से ऊपर उठे भाग पर अपरदन द्वारा उनका नालीकरण प्रारम्भ कर दिया, जिस कारण अधिकांश पदार्थ क्षयित होकर वहाँ में हट गया। फलस्वरूप उसमें अनेक गहरी घाटियाँ तथा दरारों का निर्माण हुआ। इस प्रकार सन्तुलन की स्थिति को बनाये रखने के लिए उन घटित मोड़ों को और ऊपर उठना पड़ा, जिस कारण हिमालय में पुनः उत्थान सम्भव हो सका। इन विद्वानों के अनुसार हिमालय की इतनी अधिक ऊँची चोटियों के प्रमुख कारण हिमालय क्षेत्र की गहरी घाटियाँ तथा दरारें हैं। यदि हिमालय में गहरी घाटियाँ तथा दरारें नहीं होती तो हिमालय इतना ऊँचा नहीं हो पाया होता। अपने मत की पुष्टि के लिए इन्होंने अरुण नदी की महायक जकर झू की मोपानाबार घाटी को प्रस्तुत किया है।

6 प्लेट विवर्तन सिद्धान्त का आधार पर हिमालय की उत्पत्ति की व्याख्या अध्याय आठ में की गई है। वर्तमान समय में यही सिद्धान्त सर्वमान्य है।

इस प्रकार हिमालय के निर्माण से सम्बन्धित अनेक मतों के ज्ञान में वास्तविकता का पता नहीं लग पाता है यद्यपि प्लेट विवर्तन सिद्धान्त द्वारा हिमालय की उत्पत्ति की समस्या का निदान हो गया है। साधारण रूप में यह स्वीकार किया जा सकता है कि हिमालय पर्वत की समस्त बनावट, उत्तरी मैदान की ओर खड़ा ढाल तथा तिब्बत की ओर का साधारण ढाल, इसकी बक्राकार स्थिति आदि को देखने से स्पष्ट हो जाता है कि हिमालय का निर्माण उत्तर से (अगरालैण्ड) से आने वाले दबाव तथा उत्क्रम (Compression & thrust) के कारण तथा प्रायद्वीपीय भारत के उत्तर की ओर गतिशील होने से टीथीज के मलवा में क्रमिक (Successive) बलन पड़ने से हुआ है। परन्तु इस बलन का यह अर्थ नहीं है कि हिमालय का उत्थान समाप्त हो चुका है। अनेक ऐसे

लक्षण तथा प्रमाण मिले हैं, जिनसे आधार पर यह बताया जाता है कि हिमालय का उत्थान अब भी जारी है। हीम महाद्वय के मतानुसार हिमालय पर्वत निरन्तर ऊँचे उठ रहे हैं तथा इनके उठने के साथ ही साथ उत्तरी मैदान नीचे घँम रहा है, जिस कारण आये दिन भूकम्प का आगमन होता रहता है।

1 हिमालय तथा उसके महारे उत्तरी मैदान के भूकम्पों से यह स्पष्ट हो जाता है कि हिमालय क्षेत्र अब तक पूर्ण रूप से सन्तुलित नहीं हो सके हैं, क्योंकि पर्वत निर्माण अभी तक समाप्त नहीं हो सका है। इस कारण में यह क्षेत्र अभी तक अस्थिर है तथा किसी समय हिमालय का भयकर नवीन उत्थान हो सकता है। बवेटा तथा विहार एवं आसाम के भूकम्प इसके प्रत्यक्ष प्रमाण हैं।

2 तिब्बत में झीलों के निरन्तर भरने जाने से भी प्रकट होता है कि हिमालय ऊँचे उठ रहे हैं। हिमालय के ऊँचे उठने से ही इस भाग की झीलों का तल ऊपर उठता रहता है तथा वे सूखती रहती हैं।

हिमालय की नदियाँ अब भी अपनी पुर्वावस्था में हैं। इसमें प्रमाणित होता है कि हिमालय अपरदन की अपेक्षा से अधिक तेजी से ऊपर उठ रहे हैं। इतना तो निश्चय ही है कि हिमालय के निर्माण के समय से ही उस पर अपरदन प्रारम्भ हो गया। अगर हिमालय का उत्थान रुक गया होता तो आज से लाखों वर्ष पहले ही हिमालय अल्पतः नीचा हो गया होता। इस प्रकार यह कहा जा सकता है कि हिमालय शून्य शून्य ऊँचे उठ रहे हैं। गार्डनर आस्टिन ने बताया है कि थोड़े समय के ही अन्दर (जब से मानव धरातल पर प्रकट हुआ) हिमालय में 8,000 ग 10,000 फीट का उत्थान हुआ है।

हिमालय की संरचना (Structure of the Himalayas)

सामान्य परिचय—यद्यपि हिमालय की संरचना आल्प्स की अपेक्षा सरल तथा कम जटिल है तथापि कई कारणों के फलस्वरूप हिमालय की संरचना के विषय में अब तक बहुत कम विवरण प्राप्त हैं। इसका सबसे प्रमुख कारण हिमालय की चट्टानों का बहुत कम अध्ययन है। आल्प्स के समान इसका क्रमबद्ध तथा वैज्ञानिक तौर पर वृहद् अध्ययन नहीं किया जा सका है इसके लिए भी कई कारण बताये जा सकते हैं। प्रथम यह कि हिमालय की संरचना के विषय में भूगर्भवेत्ताओं ने कम दिलचस्पी दिखाई है। प्रायः किसी महाद्वीपीय पर्वत की संरचना



के विषय में स्थानीय विद्वानों का ही महयोग अधिक रहता है। उदाहरण के लिए आल्प्स का अध्ययन मुख्य रूप में यूरोपीय विद्वानों द्वारा किया गया है। भारत में स्थानीय विद्वानों तथा प्रमुख रूप से उचित साधनों के अभाव में हिमालय का अध्ययन कम हो सका है। इस क्षेत्र में भारतीय जीर्ण-भूगर्भवेत्ता स्वर्गीय डा० वाडिया का कार्य सराहनीय है, जिन्होंने न केवल नैपस्ते हिमालय की साधारण संरचना का गहन अध्ययन किया है वरन् कश्मीर-हिमालय का बृहद् भूगर्भिक विवरण उपस्थित किया है। आपने आल्प्स के समान हिमालय की संरचना में भी 'घोवाखण्ड सत्त्वपना' (Nappe concept) का प्रचलन किया है तथा कई घोवाखण्डों का स्पष्टीकरण भी किया है। इसी प्रकार अन्य विदेशी भूगर्भवेत्ताओं ने भी हिमालय के विभिन्न स्थानों का अलग-अलग बृहद् अध्ययन करके विश्वमनीय (यद्यपि विवादास्पद भी) विवरण उपस्थित किए हैं। हिमालय की बनावट में "घोवाखण्ड सिद्धांत" (Nappe theory) का प्रतिपादन अन्य कई विद्वानों ने भी किया है। परन्तु इस तरह का विश्लेषण कुछ ही क्षेत्रों तक सीमित है। उदाहरण के लिए कश्मीर क्षेत्र में डा० वाडिया, शिमला क्षेत्र में पितृप्रिय तथा वेंस्ट मंडादय, मडवान में आदिम महोदय तथा कुमायूँ हिमालय में हीम तथा नैन्सर के अध्ययन सराहनीय हैं।

हिमालय की संरचना के अध्ययन के विषय में द्वितीय कठिनाई हिमालय का स्वयं दुर्गम होना है। कई स्थान ऐसे हैं जहाँ पर आसानी से पहुँचा नहीं जा सकता है। तृतीय यह कि कई स्थानों पर अपरदन की अधिकता (हिमालय की अपेक्षा आल्प्स में अपरदन सर्वाधिक हुआ है तथा हिमालय में सर्वत्र अत्यधिक अपरदन नहीं हो पाया है) से अधिकांश संरचनात्मक भाग कट गये हैं, अतः मौलिकता का पता लगाना दुष्कर है। कुल मिलाकर, जैसा कि मोडरन पर्वतों में प्रायः होता है, हिमालय की संरचना जटिल ही कही जा सकती है। सम्पीडन की अधिकता के कारण हिमालय की संरचना में अपनति तथा अभिनति का प्रमुख स्थान है। स्थान-स्थान पर सम्पीडन की अधिकता तथा जटिलता के कारण एक मोड़ का ऊपरी भाग टूट कर या तो पास ही में दूसरे मोड़ पर लड़ गया है या दूर जाकर दूसरे मोड़ पर चढ़ गया है। इस प्रकार परिवलन मोड़ (Recumbent folding) के कारण कई स्थानों पर घोवाखण्डों (Nappes) के निर्माण हुए हैं। जब अपनति अथवा मोड़

की शीवा टूट कर पाम ही दूसरे मोड़ पर चढ़कर शीवा खण्ड बनाती है तो उसे ऑटोक्थोनस घोवाखण्ड (Autochthonous nappes) कहा जाता है परन्तु इसके विपरीत जब एक मोड़ की शीवा टूट कर मैकडो मील दूर जाकर दूसरे मोड़ पर सवार होती है तो उस घोवाखण्ड का सम्बन्ध स्थानीय चट्टानों से नहीं होता है। इतना ही नहीं जब सम्पीडन और अधिक प्रबल होता है तो एक घोवाखण्ड दूसरे घोवाखण्ड पर सवार हो जाती है। इस प्रकार की संरचना को 'घोवाखण्ड मण्डल' (Nappe zone) कहा जाता है। आल्प्स पर्वत में हेल्वेटिक तथा पीनाइट घोवाखण्डों के ऊपर आस्ट्रियन घोवाखण्डों का विस्तार हो गया है। जहाँ पर एक अलग संरचना वाले घोवाखण्ड पर दूसरा घोवाखण्ड चढ़ जाता है तथा जब अपरदन द्वारा ऊपरी घोवाखण्ड के कट जाने से निचला घोवाखण्ड दृष्टिगोचर-होने लगता है तो उसे 'संरचना-द्वार' या 'संरचना खिडकी' (Structural window) कहा जाता है।

सम्पीडन तथा बतन की क्रियाओं के कारण हिमालय क्षेत्र की चट्टानों में रूपान्तरण भी पर्याप्त रूप में हुआ है, जिस कारण नैस तथा गिस्ट चट्टानें अधिक मात्रा में पाई जाती हैं। इन मिलाकर पुरातन युग (Palaeozoic era) की चट्टानों से लेकर टर्शियरी युग की चट्टानें पाई जाती हैं, जिसमें परतदार चट्टानों की प्रमुखता है। कई स्थानों पर इनमें रूपान्तरण भी हो गया है। हिमालय-क्षेत्र में जबालामुखी-क्रिया भी घटित हुई है, जिससे बैथोलिथ एवं लैकोलिथ आदि संरचनात्मक स्थलरूप पाये जाते हैं। चूँकि हिमालय की तीन श्रेणियों का निर्माण अलग-अलग तीन युगों में हुआ है, अतः उनकी संरचना में भी पर्याप्त अन्तर पाया जाता है। हिमालय की संरचना का एक प्रमुख अंग सीमांत घर्शन (Boundary fault) भी है। सर्वप्रथम हिमालय की तीनों श्रेणियों की सामान्य संरचना का सविस्तार विवरण दिया जा रहा है।

1. आन्तरिक अथवा बृहत् हिमालय (Inner or Greater Himalayas)—हिमालय की अन्य दो श्रेणियों की तुलना में आन्तरिक हिमालय की संरचना के विषय में जानकारी कम है क्योंकि इस श्रेणी का विशिष्ट अध्ययन अभी तक बड़े पैमाने पर नहीं किया जा सका है। चाहेकर इस आन्तरिक हिमालय के मध्यवर्ती भाग अत्यधिक जटिल संरचना वाले हैं। उचित पर्यवेक्षणों तथा अध्ययन के अभाव में इनकी वास्तविक बनावट

का उल्लेख करना कठिन कार्य है। जो कुछ भी जब तक भूगर्भीक अध्ययन तथा विश्लेषण किया गया है वह पश्चिमी हिमालय का ही है। युमायू से पूर्व वाले भाग में आज तक क्रमबद्ध भूगर्भीक सर्वेक्षण नहीं हो सका है। इसी कारण आन्तरिक हिमालय के पूर्वी भाग के विषय में प्राप्त सूचना सीमित है। भौतिक दृष्टिकोण से आन्तरिक हिमालय पश्चिम में सिन्ध नदी के मोड़ से प्रारम्भ होकर पूर्व में बहापुत्र नदी के मोड़ तक 1,500 मील की लम्बाई में एक लंबावर्त व आकार में फैला है, जिसका मध्यवर्ती झुकाव दक्षिण की ओर है। इस श्रेणी की औसत चौड़ाई 15 मील (24 किन्मी-मीटर) तथा औसत ऊँचाई 20,000 फीट से अधिक है। इस क्षेत्र में 40 ऐसी जगह चौटियाँ हैं जिनकी ऊँचाई 24,000 फीट से अधिक है तथा इनका नामकरण किया जा चुका है। इसके अलावा 273 ऐसी अज्ञात चौटियाँ हैं, जिनकी ऊँचाई भी 20,000 फीट से अधिक है। माउण्ट एवरेस्ट (8848 मीटर) लम्बा डेब्री (25,661 फीट), नगरपर्वत (26,182 फीट), गोसाईं धाल (26,305 फीट) आदि इस भाग की प्रमुख चौटियाँ हैं। इस क्षेत्र की अधिकांश चौटियाँ वर्ष भर मँडव बर्फ में आच्छादित रहती हैं।

बनावट में सलग्न चट्टानों की दृष्टि से इस हिमालय के विभिन्न भागों में पर्याप्त अन्तर पाया जाता है। हिमालय का अन्तर्गत या गर्भ भाग (Core) रवेदार तथा स्थापित चट्टानों से निर्मित है। इनमें ग्रेनाइट नीच तथा गिस्ट प्रमुख स्थान रखती हैं। स्थान स्थान पर इन चट्टानों के ऊपर नवीन परतदार चट्टान का आवरण आ गया था परन्तु अपरदन के कारण वही-वही पर परतदार शैल का आवरण बट गया है तथा प्राचीन चट्टानें नग्नस्थिति में पाई जाती हैं। अत्यधिक सम्पीडन तथा बलन के कारण प्राचीन चट्टानों का स्थानान्तरण बड़े पैमाने पर हुआ है तथा यून की जड़िता में परिवर्तन मोड़ (Recumbent folds) तथा घोसापड़ की भी रचना हुई है। पश्चिम, डा० वाडिय; तथा वेस्ट आदि विद्वानों ने पश्चिमी हिमालय में कई ग्रीवाखण्ड-क्षेत्रों का पता लगाया है। इनका वर्णन आगे किया जायेगा। उपर्युक्त चट्टानों के अलावा स्थान-स्थान पर चूने का पत्थर भी पाया जाता है। इस श्रेणी के उत्तर में हिमालय की परतदार चट्टानें पायी जाती हैं, जिनमें जीवावशेष (Fossils) पाये जाते हैं। वही-वही पर भारी उद्भ्रम (Heavy thrust) के कारण प्राचीन चट्टानें नवीन

चट्टानों के ऊपर भी आ गई हैं। कुल मिलाकर आन्तरिक हिमालय एक क्रमबद्ध शृङ्खला है, जिसमें द्वार (Gaps) बहुत ही कम पाये जाते हैं। कुछ स्थानों पर पूर्ववर्ती नदियों (Antecedent rivers) ने टम श्रेणी को काट दिया है, जिस कारण उसमें कुछ द्वार पाये जाते हैं। आन्तरिक हिमालय में नुकीले कंठ (Sharp ridges) तथा चौड़े स्तर (Broad Spurs) पाये जाते हैं। हिमालय की अन्य दो श्रेणियों की अपेक्षा इस भाग में अपरदन कम हुआ है क्योंकि यह भाग वर्षा वाले क्षेत्रों में कुछ दूर पड़ता है। अपरदन नदियों की घाटियों तथा बनिन एवं गले भाग तक ही सीमित है जिस कारण नुकीले कंठ तथा स्तर अप्रभावित एवं सुरक्षित हैं।

2. लघु हिमालय (Lesser Himalayas) — आन्तरिक हिमालय के दक्षिण में उड़ी के समानान्तर पश्चिम में पूर्व दिशा में स्थित मध्यवर्ती हिमालय, लघु हिमालय अथवा मध्य हिमालय के नाम से रखा है। इस श्रेणी की औसत चौड़ाई 50-60 मील तथा ऊँचाई 10,000 फीट से अधिक है परन्तु 12,000 से 15,000 फीट से अधिक ऊँचाई नहीं पाई जाती है। इसमें कई छोटी-छोटी श्रेणियाँ हैं जिनमें अनेक स्तर पाये जाते हैं। चूँकि लघु हिमालय का निर्माण आन्तरिक हिमालय के बाद हुआ है अतः सम्पीडन की शक्ति में अपेक्षाकृत ह्रास के कारण प्रथम श्रेणी की तुलना में स्थानान्तर अधिक नहीं हो पाया है तथापि बठार एवं स्थानान्तरित चट्टानें पाई जाती हैं, यद्यपि चूने व पत्थर की प्रमुखता है। इस भाग में पैरसोमाइक कल्प तथा कम्प्लेक्स युग में पूर्व की जीवावशेष रहित प्राचीन परतदार चट्टानें भी पाई जाती हैं। पाई जाने वाली अन्य चट्टानों में स्लेट, चूने का पत्थर तथा क्वार्ट्जाइट हैं परन्तु इन चट्टानों में शिनामूल अवशेष विष्कुल नहीं पाये जाते हैं। लघु हिमालय संबंधित मानसून वर्षा का क्षेत्र है। अतः अनेक नदी-नालों ने इस भाग में अपरदन द्वारा अनेक स्थलरूपों की जन्म दिया है। इस क्षेत्र में भी बटक तथा स्तर पाये जाते हैं परन्तु अपरदन के कारण मौलिक रूप में नहीं मिलते हैं।

3. बाह्य हिमालय अथवा शिवालिक श्रेणी (Outer Himalaya or Shivalik Range) — हिमालय की उपर्युक्त दो श्रेणियों के दक्षिण में स्थित तृतीय श्रेणी को बाह्य हिमालय, उपहिमालय तथा शिवालिक श्रेणी आदि नामों से अभिहित किया जाता है। अन्य दो श्रेणियों के विपरीत यह एक क्रमबद्ध शृङ्खला नहीं है परन्तु इसमें

बीच-बीच में विलगाव पाया जाता है। इसकी चौड़ाई 5 से 30 मील तक ऊँचाई 4,000 से 5000 फीट तक है। यह हिमालय का सबसे नवीन भाग है जिसमें अन्य दो श्रेणियों की अपेक्षा नूतन जमाव पाये गए हैं। सम्पूर्ण श्रेणी पश्चिम में चौड़ी परन्तु पूर्व में पतली होती चली जाती है। जहाँ तक चट्टानों की मरचना का प्रश्न है, इस भाग में तलछटीय तथा अवसाद-निमित्त परतदार शैल पाई जाती है, परन्तु स्थान-स्थान पर आग्नेय चट्टानों का भी उदाहरण पाये गये हैं। मरचना की दृष्टि से इस भाग में नूतन टर्शियरी युग के जमाव पाये गये हैं, जिनका सर्व प्रथम अध्ययन हरिद्वार के पास शिवालिक पहाड़ी में किया गया था। इसी प्रकार की चट्टानें अन्य भागों—बलूचिस्तान सिन्ध, आसाम तथा बर्मा—में भी पायी गई हैं जिस कारण इस जमाव को शिवालिक क्रम (Shivalik System) की मंजा प्रदान की गई। विभिन्न स्थानों पर इस प्रकार के जमाव के लिये अलग-अलग स्थानीय नाम प्रदान किये गये हैं। उदाहरण के लिये बलूचिस्तान में इस जमाव को मकरान क्रम (Mekran System), सिन्ध में मंचर क्रम (Mancher System), आसाम में तिरप क्रम (Tipam System), डूधी तिला क्रम (Dubi Tila System) तथा दिहिंग क्रम (Dihing System) और बर्मा में इरावदी क्रम (Irrawadi System) कहा जाता है।

यदि शिवालिक की चट्टानों का अध्ययन किया जाय तो स्पष्ट रूप में कहा जा सकता है कि शिवालिक जमाव मुख्य रूप में जलोढ़ जमाव (Alluvial detritus) हैं जिनका निक्षेप हिमालय की श्रेणियों के निचले भागों में उन नदियों द्वारा किया गया था जो कि हिमालय से प्रवाहित होकर उनमें निचले भाग में क्षयित पदार्थों के निक्षेप में तटस्थ थीं। शिवालिक क्रम में पायी जाने वाली चट्टानें अवसाद पूर्ण-निमित्त हैं तथा इसकी गहराई 15,000 से 17,000 फीट तक पायी जाती है। प्रमुख चट्टानें बालुका पत्थर, रेत शैल (Sand rocks), ब्रीका कांसोमरेट तथा चूने का पत्थर हैं। यद्यपि शिवालिक क्रम जलोढ़ जमाव ही है तथापि इसमें पयसि संगठन पाया जाता है। इसका प्रमुख कारण शिवालिक क्रम का वलित होना है। सम्पीडन के कारण वलन (Folding) होने से अधिकांश चट्टानें सघन तथा कठोर हो गई हैं।

शिवालिक श्रेणी में विभिन्न चट्टानों के निक्षेप के विषय में विद्वानों में एक मत नहीं है। मध्य मायोसिन से निचले प्लोस्टोसिन युग तक शिवालिक की 15,000 से

17,000 फीट मोटी परत का जमाव विभिन्न रूपों में होता रहा। कुछ विद्वानों के अनुसार शिवालिक निक्षेपों की रचना, भिन्न-भिन्न स्थानों पर, नदियों की वियाओं पर आधारित हैं। पिसग्रिम महोदय के अनुसार शिवालिक निक्षेप नदीकृत जमाव हैं। यमुना नदी के पश्चिम तरफ शिवालिक पर्वत-श्रेणियों में चिकनी मिट्टी (Clay) की अधिकता है, जब कि इसके उत्तरी भाग में मलवे के साथ कांसोमरेट तथा नहान श्रेणी (Nahan Series) के बालुका पत्थर पाये जाते हैं। गंगा एवं यमुना नदियों के बीच वाले भाग में चिकनी मिट्टी की न्यूनता है, परन्तु चवाटोजाइट के विल्लीरी वाले कांसोमरेट चट्टानों की प्रधानता है। यदि शिवालिक श्रेणी की संरचना का उद्घाटन अध्ययन किया जाय तो बात और स्पष्ट हो जायेगी—शिवालिक क्रम के सबसे निचले भाग में बारीक कणों वाले बालुका पत्थर, बीच वाले भाग में बालुका पत्थर के साथ-साथ शैल तथा चिकनी मिट्टी एवं ऊपरी भाग में मुलायम परन्तु अधिक गहराई वाली चिकनी मिट्टी पाई जाती है, जिसके ऊपर स्थान-स्थान पर बड़े कणों वाले बाउण्डर-कांसोमरेट की चादर पाई जाती है। शिवालिक की भूगर्भिक मरचना से यह स्पष्ट हो जाता है कि इस श्रेणी की चट्टानों का जमाव मध्य हिमालय के घेनाइट कोर से प्राप्त अवसाद के शिवालिक नदी काँचोटो में निक्षेप होने से हुआ है। अतः शिवालिक निक्षेप जलीय निक्षेप बड़े जा सकते हैं। और अधिक स्पष्टीकरण के लिये यह बताया जा सकता है कि शिवालिक श्रेणी के निर्माण में प्रथम परतदार चट्टान, उसके बाद शुद्ध जलीय शैल तथा बाद में जलकृत अथवा नदी-कृत अवसादों का हाव रहा है। डा० वाडिया के अनुसार ऊपरी बड़े कांसोमरेट का निक्षेप जलोढ़ पथर के रूप में पहाड़ी नदियों के उद्गम स्थान पर, चिकनी मिट्टी तथा रेत की मोटी परत का जमाव सिल्ट तथा नदियों के वारीक अवसाद के रूप में बाढ़ वाले मैदान में तथा निचला शिवालिक निक्षेपण सँगून अथवा बिखरे हुए सागरीय बेसिन की इश्चुअरी में हुआ था। प्राचीन भूपर्वेताओं के अनुसार समस्त शिवालिक क्रम की चट्टानों का जमाव, हिमालय की दो श्रेणियों से आने वाली नदियों द्वारा पहाड़ी की तलहटी में जलोढ़ पथरों के रूप में हुआ है। परन्तु यह मत वर्तमान समय में मान्य नहीं है, क्योंकि इसी प्रकार से यदि शिवालिक की रचना पर विश्वास किया जाय तो उसमें चट्टान सम्बन्धी सर्वत्र एकरूपता नहीं होगी। इसने विपरीत शिवालिक

श्रेणी में दूर-दूर तक भूशैलिक संरचना में पर्याप्त समानता पाई जाती है। अतः ८१० वाडिया के मत को महत्व प्रदान किया जा सकता है। शिवालिक श्रेणी में चूने की चट्टान की स्थिति से मागरीय जमाव का भी आभास मिलता है। शिवालिक के पश्चिमी भाग (गढ़वाल, कुमायूँ) में चूने के पत्थर की प्रधानता होने से यह स्पष्ट हो जाता है कि यह भाग हिमो नदी (शिवालिक नदी) के मुहाने पर रहा होगा, जहाँ तक मागर का विस्तार रहा होगा। देहरादून के पास चूने के पत्थर का एक विस्तृत क्षेत्र पाया गया है। इस आधार पर यह विश्वास किया जाता है कि प्रारम्भिक समय में वर्तमान कुमायूँ तथा गढ़वाल तक अरब मागर का विस्तार रहा होगा। इस भाग को सिन्ध की खाड़ी कहा जाता था। इसी खाड़ी में शिवालिक नदी पूर्व में आकर विरती थी। फल्ग्वरूप अवसादीय जमाव होता रहा। नैन-नैन अरब मागर पीछे की ओर हटता गया तथा निक्षेपित पदार्थ ऊपर आ गया। इस प्रकार सागरीय जमाव के कारण ही चूने के पत्थर का निक्षेपण सम्भव हो सका है।

प्रमुख विद्वान् जो ई० ई० पिलग्रिम के अनुसार शिवालिक श्रेणी को भूशैलिक संरचना की दृष्टि से ऊर्ध्वाकार रूप में तीन भागों में विभाजित किया जा सकता है। निचली शिवालिक, मध्य शिवालिक तथा ऊपरी शिवालिक।

(i) निचली शिवालिक—निचले शिवालिक क्रम में चट्टानों की परत की गहराई 4,000 से 5,000 फीट तक है। इस भाग की चट्टानों को पुनः दो भागों में विभाजित किया जाता है। सबसे नीचे वाला स्तर को कामलोयल स्तर (Kamlol Bed) कहा जाता है, जिसमें कठोर लाल रंग के बालुका पत्थर तथा इसके साथ चिकनी मिट्टी, ग्रनिनयुक्त काम्लोमरेट तथा लाल एवं बैंगनी रंग की शेल की प्रधानता है। इस स्तर का नामकरण कामलोयल स्थान के आधार पर किया गया है। इस भाग का दूसरा प्रमुख स्तर, चिंगी स्तर (Chingi Bed) के नाम से श्रुत है, जिसका नामकरण चिंगी नामक स्थान के आधार पर ही हुआ है। इसकी संरचना में धूरे रंग के बालुका पत्थर तथा चमकीले लाल रंग वाली शेल चट्टान की प्रधानता है। इसका निक्षेपण मध्य कांसोसीन युग में हुआ था। कहीं-कहीं पर काम्लोमरेट भी पाये जाते हैं।

(ii) मध्य शिवालिक (Middle Shivalik)—इस क्रम की चट्टानों की गहराई 6,000 से 8,000 फीट है,

जिसमें निचली शिवालिक के समान पुनः दो स्तर पाये जाते हैं। निचले भाग को मागरी स्तर (Nagri Bed) कहा जाता है, जिसका नामकरण कटक के पास स्थित मागरी नामक स्थान के आधार पर हुआ है। इसकी रचना में कठोर धूरे रंग के बालुका पत्थर के साथ-साथ थोड़ी मात्रा में शेल तथा चिकनी मिट्टी पाई जाती है। इसमें खासकर आदिमानव के अवशेष पाये जाते हैं। उत्तरी स्तर को धोक पठान स्तर (Dhok Pathan Bed) कहा जाता है जिसका विस्तार पश्चिमोत्तर सीमा में पाया जाता है। इस स्तर की संरचना में धूरे तथा सफेद रंग के बालुका प्रस्तर मुख्य हैं। परन्तु इसके साथ ही साथ शेल तथा पीले रंग की चिकनी मिट्टी भी पाई जाती है। इस स्तर की संरचना में स्थान-स्थान पर एकरूपता नहीं मिलती है। सेलम नदी के पास सातप्रोन स्थान पर काम्लोमरेट की भारी परतें मिलती हैं तथा इस चट्टान का विस्तार काफिर कोट में फैकर बहुदुर खेल तक पाया गया है। धोक-पठान स्तर का सर्वाधिक विकास सोइन नदी के मध्यापवर्ती भाग में हुआ है, जिसमें काम्लोमरेट के साथ ही साथ चूने के पत्थर के बिल्लौर भी पाये जाते हैं। सेलम नदी के पश्चिम की ओर वैकाता पर्वत में लाल चिकनी मिट्टी की प्रधानता है परन्तु इसके साथ ही कार्बन युक्त परतें, काम्लोमरेट तथा चूने के पत्थर भी मिलते हैं। समस्त शिवालिक श्रेणी के सर्वाधिक अवशेष साट्टरेंज में पाये जाते हैं।

(iii) ऊपरी शिवालिक (Upper Shivalik)—मध्य शिवालिक क्रम तथा ऊपरी शिवालिक के बीच कोई ऐसी विशिष्ट सीमा नहीं है जिससे एक दूसरे को अलग किया जा सके। मध्य शिवालिक के मोड़ों तथा उसकी परतदार शैलों के कारण के बाद उनके ऊपर ऊपरी शिवालिक का निक्षेपण हुआ है। ऊपरी शिवालिक की रचना में या तो बड़े कणों वाले काम्लोमरेट, बाउडर काम्लोमरेट मिलते हैं अथवा धूरी चिकनी मिट्टी, बट एव रेत के स्तर पाये जाते हैं जिनकी मोटाई 6,000 से 9,000 फीट तक है। संरचना की दृष्टि में ऊपरी शिवालिक को तीन भागों में विभाजित किया जाता है—टाट्रोड स्तर (Tatrot Bed), पिनजोर स्तर (Pinjor Bed) तथा बाउडर काम्लोमरेट स्तर। सबसे नीचे वाले स्तर को टाट्रोड क्षेत्र कहा जाता है जिसमें काम्लोमरेट, मुनापम बालुका पत्थर तथा धूरे एवं लाल रंग की चिकनी मिट्टी पाई जाती है। इन चट्टानों का निक्षेपण प्रायः उन बेसिनो में हुआ है, जिनका निर्माण मोडरन पर्वतों के ऊपर उठने समय

हो गया था। इस स्तर की चट्टानों के आधार-तल में बड़े-बड़े कणों वाले वाष्पामरेंट मिलते हैं, जिससे प्रमाणित होता है कि इन चट्टानों का निक्षेपण नदियों जैसा या जल प्रवाह द्वारा हुआ है। पिनजोर स्तर का विस्तार शिमला में काटका के पास पिनजोर नामक स्थान पर अधिक हुआ है। इसी स्थानीय नाम के आधार पर इस स्तर का नामकरण किया गया है। पिनजोर स्तर की रचना में मोटी परतदार चट्टानें प्रमुख स्थान रखती हैं, जिनमें बालुका पत्थर मुख्य है। यमुना से पश्चिम कैरवालून (केरालाडून का ही भाग) वाले क्षेत्र में पिनजोर स्तर की चट्टानों की प्रमुखता है जिनमें विगनाइट मिश्रित बालुका पत्थर तथा भारी एवं भारी रंग के बालुका पत्थर मुख्य रूप में पाये जाते हैं। शिमला के पास पिनजोर स्तर में बाल्गामरेंट तथा भूरी मिट्टी के साथ भारी रंग के बालुका पत्थर तथा लाल एवं पीले रंग की चिकनी मिट्टी का सम्मिश्रण मिलता है। इस स्तर में चट्टानों की मोटाई 456 म 1371 फीट तक है। उपरी शिवालिक के सबसे उपरी भाग में बाउल्डर वाष्पामरेंट की स्तर पाई जाती है। इसका जमाव निचले प्लायोसीन युग तक हुआ था। इस प्रकार की चट्टानें खास कर राबलपिन्डी, पेगावर, कालानाग एवं वोरपंजाल श्रेणियों में पाई जाती हैं। इस स्तर की प्रमुख चट्टानें बड़े कणों वाले बाउल्डर वाष्पामरेंट गहरी चिकनी मिट्टी, रेत तथा बरत युक्त शिष्ट हैं तथा सबसे अंत में प्राचीन जनोड चट्टानें पाई जाती हैं। बाउल्डर का जमाव हिमानीकृत जमाव है। समस्त उपरी शिवालिक क्रम में जीवावशेष अधिक मात्रा में पाये गये हैं। इस क्षेत्र में तरह-तरह के हाथियों के अस्थि पजर पाये गये हैं जिससे स्पष्ट होता है कि उपरी शिवालिक क्षेत्र हाथियों का प्रिय क्षेत्र रहा होगा।

इस प्रकार शिवालिक श्रेणी में पाई जाने वाली चट्टानें तथा उनकी परत अपने भौतिक रूप में धीतज अवस्था में नहीं मिलती है बल्कि हिमालय के तृतीय उत्थान के कारण उनकी स्थिति में पर्याप्त व्यतिवृत्त (Inversion) हुआ है। तृतीय उत्थान के कारण सम्पीडन की शक्ति (Compressional force) से प्रेरित होकर समस्त शिवालिक का सतवा मोड़ में बदल कर 4,000 से 5,000 फीट ऊँची पहाड़ी के रूप में बदन गया है। स्थान-स्थान पर सम्पीडन की शक्ति की अधिकता एवं जटिलता के कारण एक मोड़ दूसरे मोड़ पर

चढ़ गये हैं। इस प्रकार अत्यन्त झुने हुए मोड़ों का मृजन हुआ है। वनन की जटिलता के कारण उन्हे अथवा प्रतिबल मोड़ों का निर्माण हुआ है। मोड़ का मध्यवर्ती भाग तनाव की अधिकता में उत्क्रम-तल (Thrust plane) में बदल गया है जिसके सहारे मोड़ का टूटा हुआ भाग काफी दूर तक अन्यत्र चला गया है। इस प्रकार की उत्क्रम-क्रिया (Thrusting) के फल-स्वरूप शिवालिक क्रम के पहले की अर्थात् प्राचीन चट्टानों (मध्य हिमालय की चट्टानों) का आच्छादन शिवालिक क्रम की नवीन चट्टानों के ऊपर हो गया है। हमारे शब्दों में सम्पीडन तथा तनाव की शक्तियों के कारण प्रतिबल प्रजन का निर्माण हो गया है, जिसमें उत्क्रम-तल के सहारे ऊपरी भाग की शैल टूट कर शिवालिक क्रम की नवीन चट्टानों पर आरोपित हो गई है।

इस प्रकार हिमालय की बाह्य श्रेणी अर्थात् शिवालिक श्रेणी की सबसे प्रमुख विशेषता उनकी प्रतिबल प्रजन है। इस प्रकार की प्रजन का विस्तार कहीं-कहीं पर बहुत अधिक दूरी तक पाया जाना है। यहाँ पर स्मरणीय है कि जहाँ भी शिवालिक चट्टानें, प्राचीन चट्टानों के साथ मिलती हैं, वहाँ पर दोनों का सम्मिलन तल (Plane of junction) प्रतिबल प्रजन ही होता है। इस प्रकार स्थान-स्थान पर प्राचीन टिगरी चट्टानों के नीचे नवीन शिवालिक शैल पाई जाती है तथा इन दोनों के बीच में विभाजन तल या सरणी तल (Plane of contact) की मुख्य सीमान्त प्रजन (Main Boundary Fault) कहते हैं। हमारे शब्दों में मुख्य सीमान्त प्रजन वह सीमा है जिससे सहारे शिवालिक शैल तथा प्राचीन शैल को अलग-अलग पहचाना जा सकता है। शिवालिक श्रेणी की संरचना में इस प्रकार के "मुख्य सीमान्त प्रजन" का प्रमुख हाथ है तथा इनका विस्तार पंजाब में आराम तक मिलता है।

**पश्चिमी हिमालय की संरचना**—जैसा कि ऊपर बताया जा चुका है कि अब तक पश्चिमी हिमालय का ही क्रमबद्ध अध्ययन किया जा सका है तथा पश्चिमी क्षेत्र के विभिन्न भागों अर्थात् नर्मदा हिमालय में डॉ॰ बाडियाँ ने, शिमला क्षेत्र में पिलग्रिम तथा वेस्ट महोदय ने, गढ़वाल हिमालय में आर्चिन महोदय ने तथा जम्मू हिमालय में होम ने सफलतापूर्वक कार्य किये हैं। स्वर्गीय डॉ॰ बाडियाँ के अनुसार पश्चिमी हिमालय

(कश्मीर क्षेत्र) में तीन प्रमुख विद्युत्तन्त्रिक तत्व (Tectonic elements) पाये जाते हैं।

(i) कश्मीर हिमालय का प्रथम सरचनात्मक भाग प्रायद्वीपीय भाग का प्राचीन चट्टानों वाला अग्रभाग (Fore-land) है जो कि हिमालय क्षेत्र में जिह्वा के आकार (Tongue like form) में प्रविष्ट है। इस अग्रभाग पर नवीन टर्शियरी युग की चट्टानों का आवरण हो गया है जिसका निर्माण म्योसीन से प्लीस्टोसीन युगों तक हुआ है। इस जमाव का मरी स्तर (Murree Bed) या मरी श्रेणी (Murree Series) कहा जाता है। वर्तमान समय में अपरदन के कारण यह भाग घिम-घिम पेलोप्लन के रूप में परिवर्तित हो गया है।

(ii) दूसरा सरचनात्मक भाग स्वस्थानिक मण्डल (Autochthonous Belt) का है। इसमें अत्यधिक वक्रित चट्टानें पाई जाती हैं जिनका निर्माण कार्बनिक युग में इयोसीन युग तक हुआ है। मम्प्रीडन के कारण इन चट्टानों का प्रथम अग्रभाग पर उत्क्षेपण हो गया है जिस कारण ये चट्टानें प्रायद्वीपीय अग्रभाग पर अध्यागमन हो गई हैं। इस उत्क्षेपण अथवा उत्क्रम का मरी उत्क्रम (Murree Thrust) कहा जाता है। यहाँ पर पश्चिम मोड़ होने पर भी चट्टानें अपने स्थान से दूर ढाँका जाकर अपने स्थान पर ही स्थित हैं। उन्नीसवीं शताब्दी के अन्त में स्वस्थानिक मण्डल कहा जाता है।

(iii) तीसरा भाग हिमालय का ग्रीवाखण्ड मण्डल (Nappe zone) का है। यहाँ पर अत्यधिक चलन के कारण एक माट की उपरी ग्रीवा टूट कर तथा दूर जा कर दूसरी माट पर आगोषित हो गई है। इस प्रकार चट्टानों का स्थानान्तरण (Displacement) बड़े पैमाने पर हुआ है। त्रिग तन के सहारा इस भाग का उत्क्षेपण या उत्क्रमण हुआ है, उन्ने पञ्जाल उत्क्रम (Punjal Thrust) कहा जाता है। उत्तर में जाने वाले घरातलीय धक्के के कारण आन्तरिक हिमालय के प्राय सभी मोड़ पञ्जाल उत्क्रम पर एकत्रित हो गये हैं। कश्मीर का ग्रीवा क्षेत्र पूर्व कैम्ब्रियन तथा नवीन स्लेट से निर्मित हुआ है। साथ ही साथ उसमें कई अभिनति वाली घाटियाँ भी हैं जिनमें पेल्योजेडिक बल्ब तथा द्विघाटिक युग की सागरीय परतों का जमाव हो गया है। इस ग्रीवा-खण्ड मण्डल को बाडिया महोदय ने पुन तीन उप-मण्डलों में विभाजित किया है। 1. पुराना स्लेट मण्डल—इस मण्डल की स्लेट चट्टानों में जीवाशयों नहीं मिलते हैं। इनका विस्तार हुजारा तथा कश्मीर की तलछटीय बेसिनो में

अधिक हुआ। 2. रवेदार चट्टानों वाला मण्डल—इनमें हिमालय की मध्यवर्ती अक्षीय शृङ्खला की मर्मित किया जाता है, जिनकी सरचना स्थानांतरित चट्टानों से हुई है परन्तु इसमें ग्रेनाइट का भी प्रवेश हुआ है।

3. तिब्बत मण्डल—रावे उत्तरी भाग में स्थित इस मण्डल में कैम्ब्रियन से इयोसीन युग के सागरीय अवसाद (Marine sediments) पाये जाते हैं।

कश्मीर हिमालय के ग्रीवाखण्ड-मण्डल का उल्लेख करते हुए डा० बाडिया ने बताया है कि हिमालय की चट्टानों का उत्क्षेपण पञ्जाल उत्क्रम (Punjal Thrust) के सहारे अत्यधिक मात्रा में हुआ है, जिस कारण चट्टानों का स्थानान्तरण पर्याप्त रूप में हुआ है। यह स्थानान्तरण इतने बड़े पैमाने पर हुआ है कि कभी-कभी आन्तरिक हिमालय की चट्टानें (ग्रीवाखण्ड के रूप में) स्वस्थानिक मण्डल के सामने-सामने तक चली गई हैं तथा कभी-कभी इनका विस्तार प्रायद्वीपीय अग्र भाग के सामने हो गया है। ग्रीवाखण्ड का निर्माण टेथीज भूतल्लति के उस सबसे निचले भाग में हुआ है जिसमें प्रीकैम्ब्रियन युग की चट्टानों का निक्षेपण हुआ था। इस प्रकार इस क्षेत्र में ग्रीवाखण्ड में पूर्व कैम्ब्रियन अवसाद (जिस सलखाला श्रेणी (Salkhala Series) कहा जाता है)

तथा डोगरा स्लेट (Dogra Slate) प्रमुख रूप में पाये जाते हैं। पूर्व कैम्ब्रियन अवसाद तथा स्लेट के ऊपर अभिनति वाली बसिन पाई जाती हैं जिनमें पेल्योजेडिक रूप में लेकर ट्रिघाटिक युग के सागरीय निक्षेप मिलते हैं तथा इन जमावों में जीवाशय भी पाये जाते हैं। डा० बाडिया के ज़रूरी में महान हिमालय की धेणी का निर्माण कश्मीर ग्रीवाखण्ड का जड़ में मुख्य टेथीज भूतल्लति से हुआ है। इस धेणी में मध्य रूप से आकियन तथा पूर्व-कैम्ब्रियन समय की प्राचीन परतदार चट्टानें मिलती हैं साथ ही साथ उन चट्टानों में ग्रेनाइट चट्टानों का प्रवेश भी हुआ है। इसी प्रकार पेलिशिम तथा वेस्ट के शिमला क्षेत्र तथा आदिन महोदय ने गढ़वाल हिमालय में कई ग्रीवाखण्डों तथा अध्यागोषित ग्रीवाखण्डों (Superposed nappes) का पता लगाया है। स्थानान्तरण के कारण तथा इस विवरण को जटिलता से अलग रखने के लिए इसका उल्लेख नहीं किया जा रहा है। हिमालय की सरचना को धनी-भक्ति समझने के लिए और अधिक स्पष्ट विषय-माध्यम की आवश्यकता है। इसके लिए भूगर्भवेत्ताओं द्वारा भविष्य में हिमालय का भूयुक्त अध्ययन किया जाना वांछनीय है।

# अपक्षय तथा सामूहिक स्थानान्तरण

(Weathering and Mass Translocation)

**परिभाषा तथा तात्पर्य**—चट्टानों के अपने स्थान पर टूटने-फूटने की क्रिया को अपक्षय की क्रिया कहा जाता है। इस क्रिया के लिये पहले ऋतु-अपक्षय, ऋतुक्षरण, मौसमीक्षरण आदि पारिभाषिक शब्दों का प्रयोग किया जाता था परन्तु चूंकि इस क्रिया का तात्पर्य मात्र मौसम या ऋतु (Weather) से ही नहीं है, अतः उपर्युक्त पारिभाषिक शब्दों में भ्रम पैदा हो जाता है। यद्यपि यह सत्य है कि अपक्षय की क्रिया में मौसम के तत्वों जैसे ताप, हिम, वायु आदि का हाथ रहता है परन्तु किसी मौसम विशेष में सम्बन्ध नहीं है। भारतीय सरकार द्वारा प्रकाशित "पारिभाषिक शब्द संग्रह" (A Consolidated Glossary or Technical Terms) में इस क्रिया के लिए 'अपक्षय, अपक्षयण तथा क्षीयन' शब्दों का प्रयोग किया गया है। यहाँ नेत्रक अपक्षय शब्द का ही सर्वत्र प्रयोग करेगा। यहाँ पर सर्वप्रथम अपक्षय, अपरदन तथा अनाच्छादन (denudation) की क्रियाओं के बीच अन्तर स्थापित कर लेना आवश्यक है ताकि आगे आने वाले विवरणों में भ्रम के लिए स्थान न रह जाये। अपक्षय के अन्तर्गत चट्टानों के अपने स्थान पर टूटने-फूटने की क्रिया तथा उससे उस चट्टान विशेष या स्थान विशेष के अनावरण की क्रिया को सम्मिलित किया जाता है। इसमें चट्टान-चूर्ण के परिवहन (transportation) को सम्मिलित नहीं किया जाता है। अपरदन की क्रिया में टूटे हुए चट्टानों के टुकड़ों के परिवहन (नदी, हिमानी, वायु, भूमिगत जल तथा सागरीय लहर द्वारा) तथा टुकड़ों द्वारा आपम में रगड़ एवं उनके कटाव की क्रिया को सम्मिलित किया जाता है। अनाच्छादन में अपक्षय तथा अपरदन दोनों क्रियाओं का समावेश किया जाता है। इस प्रकार अपक्षय में

केवल स्थैतिक क्रिया (at the place or at situ) तथा अपरदन में गतिशील क्रिया होती है। अनाच्छादन स्थैतिक तथा गतिशील दोनों क्रियाओं का योग है। अब हम वहाँ पर अपक्षय की क्रिया पर विस्तार से प्रकाश डालेंगे।

स्थैतिक क्रिया का माधारण तात्पर्य चट्टानों के अपने स्थान पर टूट-फूट में है। अपक्षय की क्रिया की निम्न शब्दों में समझा जा सकता है—“अपक्षय चट्टानों के टूट-फूट की वह क्रिया है जिसके अन्तर्गत चट्टानें विघटन तथा वियोजन द्वारा ढीली पड़कर तब विदीर्ण होकर अपने स्थान पर ही बिखर कर रह जाती हैं।” नेत्रक की उपर्युक्त परिभाषा के अन्तर्गत अपक्षय की क्रिया के लिये दो आवश्यक तत्त्व दिखाई पड़ते हैं। प्रथम चट्टानों का विघटन (disintegration) तथा वियोजन (decomposition), भौतिक क्रियाओं (ताप, तुषारपात- frost, जल आदि) द्वारा चट्टानों के ढीले पड़ने को विघटन तथा रासायनिक कारकों (oxidation, hydration, carbonation etc), द्वारा चट्टानों के कमजोर तथा ढीला पड़न को वियोजन कहते हैं। इस प्रकार विघटन तथा वियोजन के कारण चट्टानें ढीली पड़ जाती हैं तथा बाद में टूट कर बिखर जाती हैं। दूसरी प्रमुख विशेषता चट्टानों के अपने स्थान पर विदीर्ण होने से सम्बन्धित है। इस प्रकार अपक्षय में परिवहन का जरा भी हाथ नहीं रहता है। उपर्युक्त तथ्यों को ध्यान में रखते हुये आर्चर होम्स ने अपक्षय की परिभाषा निम्न रूप में प्रस्तुत की है—

✓ अपक्षय उन विभिन्न-सूक्ष्म<sup>2</sup> (subaerial) प्रक्रियाओं का प्रभाव है, जो कि चट्टानों के नष्ट होने तथा विघटन में सहायता प्रदान करती हैं, यहाँ कि ढीले पदार्थों का बड़े पैमाने पर परिवहन न हो।”<sup>2</sup>

1. A Consolidated Dictionary of Technical Terms—Ministry of Education, Govt. of India.
2. Weathering is the total effect of all the various sub-aerial processes that co-operate in bringing about the decay and disintegration of rocks, provided that no large scale transport of the loosened products is involved. The work of rainwash and wind, which is essentially erosional, is thus excluded". Holmes, A, Principles of Physical Geology, Page 112, 1962.

इस प्रकार होम्स महोदय ने अपक्षय की सीमा को न्यायोचित ढंग से अंकित कर दिया तथा जल एवं वायु के कार्यों को, जो कि अपरदन में सम्बन्धित होते हैं, अपक्षय की क्रिया में अलग कर दिया है। यदि स्पार्क्स (B Sparks) महोदय के "अपक्षय" पर विचार का विवेचन किया जाय तो उपर्युक्त विवरण को ही बल मिलता है। स्पार्क्स महोदय भी अपक्षय के अन्तर्गत चट्टानों के अपने स्थान पर ही टूटने की क्रिया को सम्मिलित करते हैं—  
 "पृथ्वी की सतह पर प्राकृतिक कारणों द्वारा चट्टानों के अपने ही स्थान पर यांत्रिक विधि द्वारा टूटने अथवा रासायनिक विघटन होने की क्रिया को अपक्षय कहा जा सकता है।"<sup>1</sup>

भू-आकृति विज्ञान के प्रसिद्ध विद्वान लोबेक ने अपनी पुस्तक "Geomorphology" में अपक्षय को कुछ भिन्न रूप में व्यक्त किया है। "चट्टानों के विघटन तथा विघटन की प्रक्रिया के लिये अपक्षय शब्द का प्रयोग किया जाता है"—(The term weathering is the process of rock disintegration and decomposition) लोबेक महोदय अपक्षय के विषय में इतना ही बत कर मनुष्य नहीं हो जाते कि वग्न आगे उन्होंने बताया है कि अपक्षय के अन्तर्गत केवल चट्टानों की टूट-फूट ही नहीं होती है बल्कि विभिन्न स्थलाकृतियों का आविर्भाव विस्तार तथा रचना भी होती है। इस प्रकार अपक्षय की क्रिया द्वारा चट्टानों की पुनर्व्यवस्था (readjustment of rock) होती है। इस प्रकार लोबेक के शब्दों में—  
 "वास्तव में वातावरण की नयी दशाओं के अन्तर्गत चट्टानों की पुनर्व्यवस्था को अपक्षय कहते हैं"—Weathering as a matter of fact is merely the readjustment of rocks to new environmental condition."—Lobeck, A K

अपक्षय की प्रक्रिया के अन्तर्गत कुछ ऐसे तथ्य हैं जिनका निराकरण एवं स्पष्टीकरण करना आवश्यक है। इनमें प्रमुख है—विघटन विघटन तथा अपक्षय की क्रियाएँ। भौतिक अथवा यांत्रिक साधनों द्वारा चट्टानों के टूट-फूट को विघटन (disintegration) तथा रासायनिक साधनों द्वारा चट्टानों के विभिन्न अवयवों के ढीले होने पर

नवीन पदार्थों में परिवर्तित होने की क्रिया को विघटन (decomposition) कहा जाता है। चट्टानों से अपक्षय के साधनों, खास कर पवन द्वारा सकेन्द्री (concentric) परतें अथवा क्षैतिज अवस्था में पड़ी चट्टानों के समानान्तर उनसे पतली पतली परतों के उखड़ने या उखड़ने की क्रिया को अपक्षय (exfoliation) कहते हैं। इस प्रकार अपक्षय के अन्तर्गत दो प्रकार के परिवर्तन होते हैं। प्रथम भौतिक परिवर्तन (physical changes) होता है जिसके अन्तर्गत ताप-परिवर्तन, तुषार-क्रिया (frost action) तथा जीव जंतुओं द्वारा चट्टानों का विघटन होता है। द्वितीय प्रकार का परिवर्तन रासायनिक होता है जिसके अन्तर्गत जल (मिथर), आक्सीजन कार्बन-डाइ-ऑक्साइड तथा जीवों द्वारा चट्टानों में विघटन होता है। उपर्युक्त कारक (भौतिक, रासायनिक तथा जीव सम्बन्धी) एक साथ भी कार्य कर सकते हैं तथा अलग-अलग भी। उपर्युक्त विवरण के आधार पर अपक्षय की एक निम्न परिभाषा प्रस्तुत की जा सकती है—

"अपक्षय ताप जल वायु तथा प्राणियों का कार्य है जिनके द्वारा यांत्रिक तथा रासायनिक परिवर्तनों से चट्टानों में टूट फूट होती है।"<sup>2</sup>

यहाँ पर स्मरणीय है कि जल, वायु या प्राणियों के केवल उतने ही कार्य का अध्ययन अपक्षय के अन्तर्गत किया जाता है जिससे चट्टानों का टूटना केवल उनके स्थान पर ही सीमित रहता है। यदि अपनी गति द्वारा उपर्युक्त कारक (जल, वायु तुषार) चट्टानों या धरा-तलीय भाग में परिवर्तन लाते हैं तो उन्हें अपरदन के अन्तर्गत रखा जाता है। और स्पष्टीकरण के लिये कहा जा सकता है कि अपक्षय के अन्तर्गत वायुमण्डल, जल तथा तुषार आदि अपने स्थान पर कार्य करते हैं परन्तु अपरदन के अन्तर्गत ये अधिक विध्वंसकारी होकर क्रमशः वायु, नदी हिमानी तथा परिहिमानी के रूप में कार्य करते हैं यद्यपि अपक्षय द्वारा उत्पन्न पदार्थों का परिवहन नहीं होता है तथापि मुख्य द्वारा इन पदार्थों के सामूहिक रूप से स्थानान्तरण (mass translocation) अवश्य होता है अर्थात् टूटे-फूटे पदार्थों द्वारा के गहरे गड्ढे बन कर नीचे चले आते हैं। इन्हें टालस (talus) कहते हैं।

- 1 Weathering may be defined as the mechanical fracturing or chemical decomposition of rocks, in situ by natural agents at the surface of the earth."—Sparks, B W., Geomorphology, Longmans, London, Page 22, (1972).
- 2 Weathering is the work of wind, temperature, water and organisms that tend to breakdown the rocks by mechanical or physical and chemical changes"—मकिन्ड मिड



अपक्षय को नियन्त्रित करने वाले कारक—(Factors Controlling Weathering)—

अपक्षय का स्वरूप तथा मात्रा आग-अलग स्थानों पर भिन्न-भिन्न होती है। यदि अपक्षय के कारकों (agents of weathering) का प्रत्यक्ष प्रभाव अपक्षय के स्वभाव पर पड़ता है तो चट्टानों की बनावट उसके ढाल तथा ऊँचाई-निचाई का पर्याप्त असर होता है। विभिन्न स्थानों पर जलवायु सम्बन्धी दशाओं धरातलीय बनावट तथा उच्चावच में विभिन्नता के कारण अपक्षय की प्रक्रिया तथा उसमें प्राप्त पदार्थों में पर्याप्त अन्तर होता है। अपक्षय के दो तत्वों, विघटन तथा वियोजन का कार्य-स्थान भी प्रायः अलग-अलग होता है। उदाहरण के लिये विघटन क्रिया ऊँचे भागों में खड़े ढाल वाले चट्टानी भागों में, जहाँ पत्र या तो तुपारपात होता हो या मरुस्थलीय उष्ण दशाये ही अधिक सक्रिय होता है। इसके विपरीत वियोजन तथा घोलन (solution) की क्रियाओं का प्रचलन निम्न उच्चावच वाले भाग, जहाँ पर आर्द्र दशाये हों, खासकर उष्ण कटिबन्धीय भागों में सर्वाधिक होता है। उपर्युक्त विवरण के आधार पर अपक्षय को प्रभावित करने वाले निम्न कारकों का उल्लेख किया जा सकता है।

1 चट्टान का संगठन तथा संरचना (Composition and Structure of the rocks)—चूँकि अपक्षय का प्रमुख रूप चट्टान में विघटन तथा वियोजन है, अतः स्पष्ट है कि कमजोर तथा असंगठित चट्टानों में ये क्रियाएँ आसानी से घटित हो सकती हैं। उदाहरण के लिये रध-पूर्ण तथा घुलनशील खनिजों वाली चट्टानों में रासायनिक अपक्षय शीघ्रता से सम्पन्न होता है। चट्टानों की परत की स्थिति का भी प्रभाव अपक्षय की सक्रियता पर पड़ता है। जिन चट्टानों में इन परतों की स्थिति लम्बवत् या ऊर्ध्वाकार रूप में होती है उनमें तापीय भिन्नता, तुपारपात, जल तथा हवा का प्रभाव शीघ्र होने लगता है तथा जंगे ही चट्टान ढीली पड़ती है, लम्बवत् स्तर के कारण उनकी टूटन तथा गुरुत्व के कारण नीचे की ओर खिसकाव प्रारम्भ हो जाता है। इसके विपरीत यदि चट्टानों में स्तर क्षैतिज रूप में मिलते हैं तो उनमें संगठन अधिक होता है तथा उनका विघटन एवं वियोजन आसानी से शीघ्र नहीं हो पाता है। चट्टानों की संधियों (joints of the rocks) का यांत्रिक अपक्षय पर सर्वाधिक प्रभाव होता है। अधिक संधियों वाली चट्टान में शीतोष्ण कटिबन्धीय भागों में तुपार के कारण विस्तार तथा संकुचन

होता रहता है, जिस कारण विघटन शीघ्रता से प्रारम्भ हो जाता है। इसी प्रकार उष्ण भागों में तापीय अन्तर के कारण (रात्रि तथा दिन में) इन संधि-युक्त चट्टानों में फैलाव तथा संकुचन अधिक होने से विघटन होता रहता है।

2. स्थल के ढाल का स्वभाव (Nature of the Slopes of Land)—ढाल यांत्रिक अपक्षय तथा मुख्य रूप से अपक्षय से उत्पन्न चट्टान-चूर्ण के सरकने को सर्वाधिक नियंत्रित करता है। यदि किसी भी स्थान में चट्टानी भागों का ढाल खड़ा है तो यांत्रिक अपक्षय के कारण जरा भी विघटन होने से चट्टानों में ढीलापन आने में चट्टानों का शीघ्र टूटकर नीचे सरकना प्रारम्भ हो जाता है। यदि अपक्षय से उत्पन्न सामग्री का शीघ्र स्थानान्तरण हो जाता है तो अपक्षय की गति और अधिक प्रबल हो जाती है। तीव्र ढाल वाले भागों में इस कारक की भूमिका होती है। इसके विपरीत सामान्य ढाल वाले भाग में अपक्षय तीव्र रूप में नहीं हो पाता है। इससे कई कारण हैं। प्रथम यह कि सामान्य ढाल होने के कारण, उत्पन्न सामग्री का स्थानान्तरण (translocation) नहीं हो पाता है तथा दूसरा यह कि कम ढाल होने से चट्टानों का संघटन शीघ्रता से कमजोर नहीं हो पाता है।

3 जलवायु में विभिन्नता—यह कारक दो रूपों में प्रभाव डालता है। एक तो यह कि भूगटल के विभिन्न भागों में जलवायु की विभिन्नता के कारण अपक्षय में भिन्नता तथा उसकी सक्रियता में पर्याप्त अन्तर मिलता है। उदाहरण के लिये उष्ण कटिबन्धीय आर्द्र भागों में अत्यधिक जल एवं उच्च तापमान के कारण 'रासायनिक' अपक्षय अधिक होता है। इन स्थानों में आर्द्रता तथा ताप की अधिकता के कारण सभी प्रकार के लवण के अपक्षालक कार्य (leaching action—घुलाकार बहाने की क्रिया को सीनिंग या अपक्षालन कहते हैं—washing or draining by percolation) तथा घोलक कार्य (solvent action) अधिक सक्रिय होते हैं, जिस कारण धरातलीय भागों में रासायनिक अपक्षय द्वारा अपक्षालन (leaching) तथा घोलन (solution) अधिक होता है। यहाँ पर यांत्रिक अपक्षय नगण्य होता है। इसके विपरीत उष्ण तथा शुष्क (मरुस्थलीय) जलवायु वाले भाग अर्थात् उष्ण कटिबन्धीय मरुस्थलीय भागों में यांत्रिक अपक्षय अधिक होता है क्योंकि चट्टानी भागों में दिन के अधिक

ताप तथा रात्रि के कम ताप के कारण क्रमशः फँसवा तथा सकुचन होते रहने में विघटन वास्तव हो जाता है। शुष्क शीतल कटिबन्धीय जलवायु वाले प्रदेशों में भी रासायनिक अपक्षय की तुलना में यांत्रिक अपक्षय अधिक होता है क्योंकि चट्टानों के फटन (cracks & pores) तथा दरारों एवं मथियों (fractures and joints) में दिन का समाविष्ट जल रात में जमकर टोस हो जाता है तथा दिन में पुन पिघल कर तरल हो जाता है। इस क्रिया की पुनरावृत्ति के कारण चट्टानें ढीली पड़ जाती हैं तथा विघटन प्रारम्भ हो जाता है। शीत जलवायु वाले भागों में यांत्रिक अपक्षय प्रायः नगण्य होता है तथा रासायनिक एवं प्राणिवर्गीय अपक्षय अधिक सक्रिय रहता है। यदि धरातल पूर्ण रूप से जमकर बर्फ से आच्छादित हो जाता है तो यांत्रिक एवं रासायनिक सभी प्रकार के अपक्षय स्थगित हो जाते हैं तथा यह क्रिया तभी सक्रिय हो पाती है जबकि बर्फ पिघल जाती है। इतना ही नहीं एक ही स्थान पर जलवायु की वार्षिक विभिन्नता का भी प्रभाव अधिक होता है। उदाहरण के लिये मानसूनी गर्म प्रदेशों में वर्षाकाल में अधिक नमी तथा ताप के कारण रासायनिक अपक्षय अधिक होता है परन्तु शुष्क ग्रीष्मकाल में यांत्रिक अपक्षय सक्रिय होता है।

**4 वनस्पति का प्रभाव**—किसी भी स्थान विशेष में वनस्पतियों की उपस्थिति तथा अनुपस्थिति का अपक्षय के स्वभाव पर प्रभाव होता है। यहाँ पर यह उल्लेखनीय है कि वनस्पतियाँ आंशिक रूप में अपक्षय के कारण भी हैं तथा आंशिक रूप में उसके लिए अवरोधक भी हैं। वास्तव में वनस्पतियाँ अपनी जड़ों द्वारा चट्टानों को जकड़े रहती हैं जिससे चट्टानों का गगड़न अधिक बंद जाता है। इसी प्रकार वनस्पतियों के आवरण से सूर्य-ताप आदि का प्रभाव आवरण के नीचे वाली चट्टानों पर नहीं हो पाता है। इस प्रकार जिन भागों में वनस्पतियों की स्थिति होती है, वहाँ पर अपक्षय सीमित होता है। परन्तु इनके अभाव में स्थिति पूर्णतया विपरीत होती है। इस विषय में मतभेद है। वनस्पतियों की जड़ों में कई प्रकार के कीड़े-मकोड़े होते हैं जो कि चट्टानों में शन-शन विघटन लाते रहते हैं तथा घुसों की जड़ों के चट्टानों में प्रवेश के कारण मथियाँ विस्तृत हो जाती हैं जिससे चट्टान ढीली पड़ जाती है तथा विघटन प्रारम्भ हो जाता है।

## अपक्षय के प्रकार (Kinds of Weathering)

ऊपर यह स्पष्ट किया जा चुका है कि चट्टानों में विघटन तथा वियोजन मुख्य रूप से क्रमशः यांत्रिक या भौतिक तथा रासायनिक परिवर्तनों द्वारा होता है। जीवों तथा वनस्पतियों द्वारा भी अपक्षय होता है तथा इनके कार्य भी यांत्रिक तथा रासायनिक दो रूपों में सम्पन्न होते हैं। इस आधार पर अपक्षय में भाग लेने वाले कारकों को हम निम्न रूप में विभाजित कर सकते हैं—

### 1 भौतिक या यांत्रिक कारक—(Physical or Mechanical Agents)

- |              |                 |
|--------------|-----------------|
| (i) जल।      | (ii) सूर्य ताप। |
| (iii) तुपार। | (iv) वायु।      |

### 2 रासायनिक कारक (Chemical Agents)

- |                          |                  |
|--------------------------|------------------|
| (i) आक्सीजन।             | (iii) हाइड्रोजन। |
| (ii) कार्बन डाइ आक्साइड। |                  |

### 3 प्राणिवर्गीय कारक (Biological Agents)

- |                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| (i) वनस्पतियाँ। | (ii) जीव-जन्तु। |
|-----------------|-----------------|

विघटन तथा वियोजन में भाग लेने वाले कारकों को आधार पर अपक्षय का निम्न रूप में विभाजन किया जा सकता है—

### 1. भौतिक या यांत्रिक अपक्षय (Physical or Mechanical Weathering)

- ताप के कारण बड़े-बड़े टुकड़ों में विघटन।
- ताप के कारण छोटे-छोटे कणों में विघटन।
- तुपार के कारण बड़े-बड़े टुकड़ों में विघटन।
- ताप तथा वायु के कारण अपदलन (Exfoliation)
- अपर स्थित (superincumbent) भार के अनावरण से विघटन।

### 2 रासायनिक अपक्षय (Chemical Weathering)

- आक्सीकरण या आक्सीजनोकरण (Oxidation)
- कार्बोनेटीकरण या कार्बोनेशन (Carbonation)
- जलयोजन या हाइड्रेशन (Hydration)
- मिलिका का वृष्यकोकरण या डीसिलिकेशन (Desilication)

### 3 प्राणिवर्गीय अपक्षय (Biological Weathering)

- वनस्पतिक अपक्षय (Plant-Weathering)
- जैविक अपक्षय (Animal-Weathering)

1. **यांत्रिक अपक्षय**—भौतिक अपक्षय में जट्टानों का विघटन मात्र यांत्रिक कारणों द्वारा ही होता है। इसके लिये कुछ बलों की उत्पत्ति तो चट्टानों के अन्दर ही होती है और कुछ बल बाहर से कार्य करते हैं। इन बलों के कारण शैल में तनाव उत्पन्न होता है जिनका परिणाम शैल में टूटन होता है। "सूर्य-ताप, तुषार तथा वायु द्वारा चट्टानों में विघटन होने की क्रिया को यांत्रिक अपक्षय कहा जाता है।" यांत्रिक अपक्षय में यद्यपि ताप का परिवर्तन सर्वाधिक प्रभावशाली कारक है तथापि इसके अन्तर्गत दाबमुक्ति (pressure-release), जल का जमना-घुलना (freeze & thaw) तथा गुरुत्व का भी सहयोग रहता है। यांत्रिक अपक्षय का निम्न रूपों में उल्लेख किया जा सकता है—

(i) **ताप के कारण चट्टानों का बड़े-बड़े टुकड़ों में विघटन (Block disintegration due to temperature change)**—तापीय परिवर्तन का चट्टानों पर अत्यधिक प्रभाव होता है। कई विद्वानों ने चट्टानों की कई तेजी किस्मों का पता लगाया है जिन पर तापीय परिवर्तन का प्रभाव नहीं होता है। चट्टान-चूर्ण से निर्मित चट्टानों (clastic rocks) खासकर शैल (shale) तथा बालुका पत्थर पर तापीय अन्तर का प्रभाव नगण्य होता है। इनमें चट्टानों के कण एक दूसरे से अम्लीय अथवा क्षारीय पदार्थ की पतली सतह द्वारा अलग रहते हैं जिस कारण ताप का प्रभाव नहीं हो पाता है। इनमें विपरीत रवदाग चट्टानों में विभिन्न कण एक दूसरे में संघट्टित होते हैं तथा ताप के बढ़ने से प्रत्येक कण फैलते हैं तथा तापीय ह्रास के साथ उनमें सिंयुजन होती है, यदि ग्रेनाइट चट्टान की परत का ताप  $65.5^{\circ}$  सेण्टीग्रेड बढ़ा दिया जाय तो प्रति 30-48 सेंटीमीटर की दूरी पर 2.54 सेण्टीमीटर की ग्रेनाइट की परत में अतिरिक्त विस्तार हो जाता है। अगर उसी ताप घटा दिया जाय तो 2.54 सेण्टीमीटर दूरी का ह्रास हो जाता है। ब्लैक-वैल्डर नामक विद्वान् ने सन् 1925 ई० में ग्रेनाइट के टुकड़े का ताप  $200^{\circ}$  सेण्टीग्रेड बढ़ाने के लिए उन्हें गर्म तेल में छोड़ा परन्तु प्रयोग के आधार पर ज्ञान हुआ कि ग्रेनाइट तथा बेसाल्ट पर अचानक ताप की वृद्धि का कोई प्रभाव नहीं पड़ता है। सिम्स महोदय ने एक लम्बे प्रयोग के आधार पर उपर्युक्त निष्कर्ष की प्राप्ति की। तापीय परिवर्तन द्वारा चट्टानों का फैलाव तथा संकुचन द्वारा विघटन कार्य उष्ण मरस्थलीय प्रदेशों में अधिक सम्पन्न होता है। इन स्थानों पर निक्ताक्वों (sands) की

अधिकता के कारण दैनिक तापान्तर अधिक होता है जिस कारण चट्टानों का खुला हुआ भाग या नग्न भाग दिन में अत्यधिक ताप के कारण तप्त हो जाता है जिस कारण उसकी बाह्य परत में फैलाव होने लगता है। रात के समय इसके विपरीत दशा होती है, क्योंकि तापक्रम में भारी कमी आ जाती है, जिस कारण चट्टानें शीतल होने लगती हैं, जिससे उनकी बाहरी परत में संकुचन होने लगता है। इस प्रकार की चट्टानों के तप्त होने तथा शीतल होने की क्रिया की पुनरावृत्ति के कारण चट्टानों में बराबर फैलाव तथा संकुचन होता रहता जिस कारण उनमें तनाव या खिंचाव की स्थिति पैदा हो जाती है। इस क्रमिक फैलाव एवं संकुचन के कारण चट्टानों में समानान्तर जोड़ या संधियों का विकास हो जाता है। इन संधियों के सहारे चट्टानें बड़े-बड़े टुकड़ों (blocks) में टूटने लगती हैं। इस क्रिया को बड़े-बड़े टुकड़ों में विघटन की क्रिया कहते हैं।

जगत् में अग्नि काष्ठ के कारण भी शैलों में प्रसार तथा संकुचन होता है जिस कारण उनमें विघटन हो जाता है। ब्लैकवैल्डर ने इस तरह के अपक्षय का अवलोकन संयुक्त राज्य अमेरिका के अर्द्ध शुष्क क्षेत्रों में बनावछादिन पर्वतों के ऊपर किया है। इमेरी (K. O. Emery) ने 1944 में कैलिफोर्निया में अग्निकाष्ठ के नीचे पश्चात् बर्बाद ज्योरोराइट शैल में समुष्णजन विघटन (spalling) का अवलोकन किया था।

(ii) **ताप के कारण चट्टानों का छोटे-छोटे टुकड़ों में विघटन (Granular disintegration of the rocks due to temperature)**—उन शुष्क मरस्थलीय भागों में, जहाँ पर दैनिक तापान्तर अधिक होता है, बड़े-बड़े कणों वाली चट्टानों में टूट-टूट कर विघटन (shattering) की क्रिया अधिक प्रचलित होती है। कई ऐसी परतदार तथा आग्नेय चट्टानें होती हैं जो बड़े-बड़े कणों वाली होती हैं तथा उनमें खिंचाव एवं रणों में पर्याप्त विभेद होता है। जहाँ पर किसी चट्टान विशेष की संरचना कई विभिन्न रंगों द्वारा हुई होती है तो उनके विभिन्न भागों में ताप ग्रहण करने की क्षमता अलग-अलग होती है। इस प्रकार एक ही चट्टान विशेष के विभिन्न भाग में ताप की विभिन्न मात्रा का शोषण होता है। फलस्वरूप उनका फैलाव भी अलग-अलग होता है। इसी तरह रात के समय तापक्रम में कमी के कारण उन चट्टान के विभिन्न भागों में संकुचन की मात्रा भी भिन्न-भिन्न होती है। नतीजा यह होता है कि चट्टान के विभिन्न भागों में

तनाव की स्थिति पैदा हो जाती है जिस कारण चट्टानों का छोटे-छोटे टुकड़ों में विघटन प्रारम्भ हो जाता है। इस प्रकार की क्रिया के घटित होते समय विचित्र प्रकार की आवाज होती है।

(iii) जल द्वारा चट्टानों का टूट-टूट कर बिखरना (Shattering due to rain-water and heat)— गर्म प्रदेशों में जहाँ पर ताप अधिक होता है, इस क्रिया का सम्पादन अधिक होता है। ग्रिग्स (Griggs) महोदय ने तापीय अन्तर के प्रभाव के समय अपने प्रयोगों के आधार पर यह बताया है कि तप्त चट्टानों के ऊपर जब अचानक जल की छीटें पड़ती हैं तो उनमें चटकने (cracks) आ जाती हैं। चट्टानों पर तापीय अन्तर के फल को जान बरने के लिए ग्रिग्स (Griggs) महोदय ने विद्युत हीटर तथा ठंडी पवन का सहारा लिया। सर्वप्रथम इन्होंने ग्रेनाइट चट्टान का 110° सेण्टीग्रेड तापक्रम बढ़ाया तथा बाद में इसे कम किया। तापक्रम के घटाने तथा घटाने की प्रक्रिया को ग्रिग्स ने उतनी बार दोहराया जितना कि प्रायः 224 वर्षों में प्राकृतिक ढग में सम्भव हो सकता था परन्तु इस तापीय अन्तर का ग्रेनाइट चट्टान के ऊपर कोई प्रभाव परिलक्षित नहीं हुआ। पुनः ग्रिग्स ने इसे 2½ वर्ष के लिये दोहराया तथा चट्टान को शीतल करने लिए ताप को घटाने की अपेक्षा (ठंडी वायु) ठंडे पानी की छोटों का प्रयोग किया। फलस्वरूप चट्टानों में चटकने उत्पन्न हो गईं। इससे यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि चट्टानों की यह चटकन जल के साथ मिली आक्सीजन तथा वायुन शर्द्ध-आक्साइड गैसों के रासायनिक प्रभाव के कारण हुई है। जो भी हो, इतना तो निश्चितता के साथ कहा जा सकता है कि सूर्य-ताप द्वारा तप्त चट्टानों के ऊपर जब अचानक वर्षा की फुहारें पड़ती हैं तो उनमें शीघ्रता से चटकने पड़ जाती हैं तथा छोटे-छोटे कणों में टूट कर बिखरने लगती हैं। इस क्रिया की एक और उदाहरण से समझा जा सकता है। यदि शीशे की तप्त चिमनी पर जल की छीटें बारी बारी से जोशा जोशों से चटक कर टूट जाता है। रेगिस्तानी भागों में अचानक वृष्टि के कारण यह क्रिया अधिक रूप में सम्पादित होती है। संयुक्त राज्य अमेरिका के टेक्सास (Texas) प्रान्त में इस क्रिया के कारण चट्टानों का बिखरना सामान्य घटना है।

(iv) तुपारपात द्वारा बड़े-बड़े टुकड़ों में विघटन (Block disintegration due to frost)—तुपारपात

द्वारा यांत्रिक अपक्षय के अन्तर्गत चट्टानों के बड़े-बड़े टुकड़ों में विघटन शीतोष्ण तथा शीत कटिबन्धीय भागों में अधिक प्रचलित होता है। इसके अलावा उच्च पर्वतों के ऊपरी भाग पर भी यह क्रिया अधिक मज्जि होती है। वास्तव में यह क्रिया उन स्थानों में अधिक क्रियाशील होती है जहाँ पर जल का जमना तथा पिघलना क्रम में एक दूसरे के (alternate freezing and thawing) बाद घटित होता है। तुपारपात की क्रिया का सम्पादन दो रूपों में होता है। प्रथम, तो चट्टानों के कणों के अन्दर स्थित जल के जमने तथा पिघलने में तथा दूसरे, चट्टानों के दरारों में स्थित जल के द्वारा। चट्टान के सगठन का प्रभाव इस प्रकार के यांत्रिक अपक्षय पर अधिक होता है। यही कारण है कि अधिक मजबूत तथा मजबूत रवेदार ग्रेनाइट चट्टानों में रिक्त स्थान की कमी के कारण जल के सघनन की सम्भावना कम रहती है। अतः ग्रेनाइट चट्टान तुपारपात द्वारा कम प्रभावित होती हैं। वैसे ग्रेनाइट में भी कुछ कणों में जल रज्जुन की क्षमता होती है। इसके विपरीत परतदार शीत जो रज्जुबद्ध होती है जल के जमने तथा पिघलने में सर्वाधिक प्रभावित होती है। बालुका पत्थर तथा शैल आदि चट्टानें इस क्रिया के कारण शीघ्रता से छोटे-छोटे टुकड़ों में विभक्त हो जाती हैं। प्रथम प्रकार के विघटन में चट्टानों के कणों के अन्दर जल समाविष्ट होता है। रात के समय यह जल जम कर बर्फ बन जाता है तथा दिन में पिघल कर सरल हो जाता है। इस क्रिया की पुनरावृत्ति के कारण चट्टान विशेष के कणों के दबाव तथा तनाव होने से चट्टान का छोटे-छोटे कणों में विघटन प्रारम्भ हो जाता है। यह क्रिया समर्थ गति में होती है तथा इनका प्रभाव नगण्य होता है।

इसके विपरीत दूसरी क्रिया के अन्तर्गत चट्टानों के अन्दर छोटे-छोटे छिद्र तथा दरार (pores and cracks) होने से जिनमें जल एकत्र हो जाता है। दिन के समय जल का नमूनावेश इन रिक्त स्थानों में हो जाता है तथा रात के समय ताप के कमी होने तथा उसके हिमांक बिन्दु (Freezing point) के प्राप्त हो जाने के बाद रिक्त स्थानों में स्थित जल जम कर बर्फ के रूप में ठोस हो जाता है। फलस्वरूप उसके आयतन में विस्तार होता है क्योंकि साधारण नियम के अनुसार जब जल जम कर ठोस होता है तो उसके आयतन में 10 प्रतिशत का विस्तार हो जाता है। आयतन में इस विस्तार के कारण चट्टान पर प्रति वर्ग फुट पर 150 टन का दबाव पड़ता

है जिस कारण चट्टानों में श्राम कर दरारों में विस्तार होने लगता है। दिन के समय ताप-वृद्धि के कारण वर्षा पिघल कर जल का रूप धारण कर लेता है जिससे आप्रतन में कमी हो जाती है। फलस्वरूप दरारों में सकुचन होने लगता है। इसी क्रिया की क्रम में पुनरावृत्ति (alternate freezing and thawing) के कारण चट्टानों के दरारों में फैलाव तथा सकुचन होता रहता है जिस कारण चट्टान अत्यन्त कमजोर हो जाती है तथा उनमें विघटन प्रारम्भ हो जाता है, जिसमें चट्टानों के बड़े-बड़े टुकड़े टूट कर अलग होने लगते हैं। जब यह क्रिया उच्च पर्वतीय भाग में घटित होती है तो चट्टानों के टुकड़े गुरुत्व शक्ति के कारण निचले ढाल की ओर सरकने लगते हैं, जिसे भूमि-सर्पण (solifluction) कहते हैं तथा पर्वतों के निचले भाग पर जब इनका ढेर के रूप में संचयन हो जाता है तो उसे टालस (talus) कहते हैं। यह अनुमान लगाया गया है कि उपर्युक्त क्रिया के फलस्वरूप 7 मीटर ऊँची चट्टान के नीचे लगभग 0.6 मीटर ऊँचा मलबा या टालस का ढेर संचित हो जाता है।

परिहिमानी क्षेत्रों में दैनिक हिमीकरण-हिमद्रवण चक्र के कारण चट्टानों में विघटन होता है, जिसे तुषार अपक्षय (Congelifraction) कहते हैं।

(v) वायु तथा ताप द्वारा अपदलन (Exfoliation due to temperature and wind) रेगिस्तानी, अर्द्ध-रेगिस्तानी तथा मानसूनी प्रदेशों में ताप तथा वायु के सम्मिलित कार्य के द्वारा चट्टानों की परतों में संकेन्द्रीय परत अथवा क्षैतिज परतों का विलगाव होता रहता है। इसे अपदलन या 'परतों का उखड़ना' (Exfoliation) कहते हैं। यह क्रिया प्रायः खेदार चट्टानों में अधिक घटित होती है। उष्ण रेगिस्तानी भागों में तापीय विभिन्नता के कारण अत्यन्त दृढ़ अथवा कठोर ताप के कारण चट्टानों में सकुचन तथा दिन में अधिक ताप के कारण फैलाव होने से चट्टानों की परतें ढीली पड़ जाती हैं तथा वेगवान वायु के सम्पर्क में आने से ये ढीली परतें चट्टानों से अलग होती रहती हैं। इस प्रकार चट्टान क्रमशः धीरे-धीरे नष्ट होती हैं जैसे कि फल से छिलका उतारा जाता है। यह प्रक्रिया इतनी मन्द गति से होती है कि इसका अवलोकन नहीं हो पाता है। परन्तु इस प्रकार उधड़ने का कार्य ऊपर उठी चट्टानों, छोटी-छोटी पहाड़ियों पर अधिक होता है।

रांची पठार पर ग्रेनाइट ग्रीन शुम्बदों के ऊपर अपदलन क्रियायें दर्शनीय हैं। रांची शहर के पास कफि

गुम्बद तथा बुटी गुम्बद पर इस तरह का अपक्षय देखा जा सकता है।

(iv) दाब-मुक्ति द्वारा विघटन तथा अपदलन (Disintegration and exfoliation due to pressure release)—बड़ी आग्नेय तथा रूपान्तरित चट्टानों के नीचे दबी रहती हैं, जिन्हें कारण उच्च दबाव एवं ताप के कारण उनमें कणों (Crystals) की संरचना होती है। परन्तु ऊपर की चट्टानों का जब अपरदन द्वारा लोप हो जाता है तो ये दबी चट्टानें ऊपर दृष्टिगत होती हैं। फलस्वरूप उनमें से दबाव हट जाता है। इस कारण चट्टानों में दरारें पड़ जाती हैं तथा विघटन एवं अपदलन प्रारम्भ हो जाता है।

जहाँ पर शैल की चादरे (sheets) समानान्तर तथा क्षैतिज एवं सकेन्द्रीय होती हैं तथा उनके ऊपर के आवरण का जब अपरदन द्वारा अनावरण हो जाता है तो दाब-मुक्ति (ऊपर स्थित शैल के भार के हट जाने के कारण) के फलस्वरूप शैल में ऊपर की ओर गति (फैलाव) होती है जिस कारण उस शैली में टूटन प्रारम्भ हो जाती है। इस तरह का अपक्षय शैलों में सर्वाधिक होता है। रांची पठार में ग्रेनाइट बैथोलाइट के ऊपर स्थित धारदार क्रम की चट्टानों के आवरण के अपरदन हो जाने के कारण इन बैथोलाइट में दाब-मुक्ति के कारण बड़े पैमाने पर टूटन की क्रियायें हुई हैं। पिरौतिया गाँव के मूडा पहाड़ इस तरह के अपक्षय का सुबमूर्त उदाहरण है। दाब-मुक्ति के कारण यह पहाड़ (गुम्बद) आधार में शीघ्र तब सम्भवतः तथा क्षैतिज रूप में बड़े-बड़े खण्डों में पूर्णतया टूट गया है।

इस तरह का दाब-मुक्ति-जनित अपक्षय बृहदाकार बालुका प्रस्तर (massive sand stones) सम्मिलित बालुका प्रस्तर (bedded sand stone), बागानोमेट तथा चूना प्रस्तर पर भी होता है। बेल्न बेसिन में घुछा प्रपात के पास ऊपरी बिन्ध्यन क्रम की सन्नरित शैलों में ऊपरी आवरण के हट जाने के कारण मस्तर-तल (bedding planes) के सहारे टूटन की क्रियायें सम्पन्न हुई हैं। बिर्जापुर जनपद में खजुरी नदी पर बिन्ध्यन प्रपात के पास बालुका-प्रस्तर की सन्नरित शैलों में, सिरसी नदी पर सिरसी प्रपात के पास सम्मिलित बालुका प्रस्तर की शैलों में इस तरह का अपक्षय दर्शनीय है तथा कुमाय-गञ्ज (इलाहाबाद-राँवा मोमा) के पास बिन्ध्यन श्रेणियों में सबक के किनारे पर इस तरह का अपक्षय अवलोकनीय है।

वास्तव में प्रायद्वीपीय भाग के अग्र देश (foreland) में हमारे पूर्व में सासाराम (जिहार, रोहतास पठार) में पश्चिम में अजयगढ़ उच्च भाग तक स्थित बृहत् कगार के ऊपरी भाग (जिमबी रचना वालुका पत्थर से हुई है) पर ऊपर स्थित (superincumbent) आवरण के हट जाने में दाब-मुक्ति द्वारा बृहदाकार बालुका पत्थर के स्तरों में बड़े पैमाने पर विघटन हुआ है।

2. रासायनिक अपक्षय (Chemical Weathering)—वायुमण्डल के निचले स्तर में आक्सीजन, कार्बन डाई-आक्साइड आदि गैसों तथा जलवाष्प (water vapour) की प्रधानता होती है परन्तु जब तक इनका संयोग नहीं या जल से नहीं होता है अर्थात् जब तक य शुष्क होते हैं तब तक अपक्षय की दृष्टि से ये सत्व क्रिया-हीन होते हैं परन्तु जैसे ही इनका संयोग जल से हो जाता है, य सक्रिय घोलक साधन हो जाते हैं। इनके संयोग से चट्टानों के रासायनिक पदार्थों में रासायनिक परिवर्तन होने लगते हैं। इस क्रिया के अन्तर्गत चट्टानों में ऐसे पदार्थों तथा खनिजों की रचना हो जाती है, जो या तो सूखे पदार्थ में अधिक आयतन वाले या कम आयतन वाले होते हैं। चट्टानों के खनिजों में इस नवीन व्यवस्था के कारण उनमें वियोजन प्रारम्भ हो जाता है। रासायनिक अपक्षय का कार्य पृथ्वी की सतह के ऊपर तथा नीचे, दोनों क्षेत्रों में होता रहता है। आक्सीजन तथा कार्बन डाई-आक्साइड आदि गैसों के प्रभाव से ये रासायनिक परिवर्तन कई रूपों में सम्पन्न होते हैं। इनका अलग-अलग उल्लेख आवश्यक है।

(i) आक्सीडेशन (आक्सीकरण—Oxidation)—वायु की आक्सीजन का संयोग जब जल से होता है तो जल से मिली आक्सीजन की क्रिया लोहयुक्त चट्टानों के खनिजों पर होती है। इस कारण खनिजों में आक्साइड बन जाते हैं जिसमें चट्टानों में वियोजन होने लगता है। आक्सीजन की इन क्रिया का आक्सीकरण कहते हैं। जिन चट्टानों में लोहे का योगिक अधिक होता है उनमें आक्सीकरण का प्रभाव सर्वाधिक होता है। चट्टानों में लोह लौह सल्फाइड (पाइराइट,  $FeS_2$ ) या पाइराइट लौह कार्बोनेट (साइडेरालाइट,  $FeCO_3$ ) तथा विभिन्न लौह सिलिकेट के रूप में पाया जाता है। इन पर आक्सीकरण के प्रभाव से प्रायः जंग (rust) लग जाता है जिस कारण चट्टानें ढीली पड़ जाती हैं एवं वियोजन होने लगता है। पाइराइट पर जल तथा आक्सीजन के

संमिश्रण के प्रभाव में गन्धक का अम्ल उत्पन्न हो जाता है जिसमें चट्टानें घुलने लगती हैं। उरानाई भागों में आक्सीकरण अधिक सक्रिय रहता है जिस कारण रामा यनिक परिवर्तन के कारण बड़ा पर मिट्टियों का रंग लाल, पीला या भूरा हुआ करता है। कभी-कभी आक्सीकरण तथा जलयोजन (hydration) की क्रियाएं साथ-साथ कार्य करती हैं। उदाहरण के लिए लोहे के आक्साइड पर जलयोजन होने में मिट्टियों का रंग पीला अथवा नारंगी (orange) हो जाता है।

(ii) कार्बोनेशन (Carbonation)—जब कार्बन डाई-आक्साइड (carbon dioxide) गैस का मिश्रण जल में होता है तो कई प्रकार के कार्बोनेट (carbonate) बन जाते हैं जो कि जल में घुलनशील होते हैं। इन कार्बोनेट्स के निर्माण के कारण चट्टानों का घुलनशील तत्त्व उसमें अम्ल होकर जल के साथ हो जाता है। इसी कारण से कार्बोनेशन को "घोलन" (solution) भी कहा जाता है। जब लौह सल्फाइड (Iron sulphide) या पाइराइट पर कार्बन डाई-आक्साइड में घुल जल का प्रभाव होता है तो उसका क्रमशः लोहे के कार्बोनेट तथा सल्फ्यूरिक अम्ल (sulphuric acid) बन जाते हैं। लोहे का कार्बोनेट अत्यधिक घुलनशील होता है तथा जल के साथ शीघ्रता से चट्टान से अम्ल होकर मिल जाता है। घुलन का पक्षर साधारण जल द्वारा नहीं घुल पाता है परन्तु जब उसका संयोग कार्बन डाई-आक्साइड गैस में होता है तो घुलन का पक्षर वैलेशियम कार्बोनेट में बदल जाता है जो कि आमतौर पर जल के साथ घुलकर मिल जाता है। कार्बोनेशन की क्रिया के कारण ही पोटेश या पोटेशियम कार्बोनेट की रचना होती है जो कि एक प्रकार का प्रमुख जीव-भोजन (Plant food) होता है। भूमिगत जल में कार्बन डाई-आक्साइड का जंग अधिक रहता है अतः घुलन की चट्टानों वाले भागों में सतह के ऊपर तथा नीचे इस प्रकार के अपक्षय द्वारा कई प्रकार की स्थलाकृतियों के निर्माण हुए हैं। यूरोप-आफ्रिका का क्राईट प्रदेय इसका प्रमुख उदाहरण है।

(iii) हाइड्रेशन या जलयोजन (Hydration)—चट्टानों का सम्पर्क जब जल से होता है तो जल की हाइड्रोजन से चट्टानों के खनिजों में हाइड्रोजन की क्रिया होती है अर्थात् चट्टानें जल सोख लेती हैं तथा उनमें आयतन में वृद्धि हो जाती है तथा कभी-कभी यह विस्तार प्रारम्भिक आयतन से दो गुना हो जाता है। इस क्रिया

से नभो-नभी मौलिक चट्टान के वास्तविक आयतन में 88 प्रतिशत तक विस्तार हो जाता है। इस प्रकार चट्टानों के आयतन में विस्तार के कारण उनके कणों तथा खनिजों में तनाव की स्थिति पैदा हो जाती है, जिस कारण चट्टानें गिरकर टूटने लगती हैं। आग्नेय चट्टान पर हाइड्रेशन की क्रिया का अधिक प्रभाव पड़ता है तथा इस प्रकार के अपक्षय से आग्नेय चट्टान टूट टूट कर परतदार ञाल में परिवर्तित होती रहती है। हाइड्रेशन की क्रिया द्वारा क्लेस्पायर नामक खनिज का परिवर्तन क्वोर्लिन मृत्तिका में हो जाता है। जिप्सम की संरचना मुख्य रूप से जलयोजन की क्रिया द्वारा ही हुई है।

(iv) सिलिका पृथक्कीकरण (Desilication)—अनेक चट्टानों में सिलिका की मात्रा अधिक होती है। जब जल द्वारा रासायनिक विधि से सिलिकायुक्त चट्टानों में सिलिका अलग हो जाता है तो उस क्रिया को 'सिलिका का पृथक्कीकरण' या अलग होना कहते हैं। आग्नेय चट्टानों में छाल कर पेनाइट में सिलिका की मात्रा अधिक होती है। इसमें से कुछ क्वार्ट्ज के रूप में होते हैं तथा अधिकांश सिलिकेट के रूप में। सिलिकेट का जल द्वारा चट्टान से पृथक्कीकरण आसानी से हो जाता है जिससे चट्टान ढीली पड़ जाती है तथा उसका विघटन शीघ्र प्रारम्भ हो जाता है। यही कारण है कि आग्नेय चट्टान वाले प्रदेशों में बहने वाली नदियों में सिलिका की मात्रा, परतदार चट्टानों वाले भागों की नदियों की अपेक्षा अधिक होती है क्योंकि परतदार चट्टानों में सिलिका क्वार्ट्ज के रूप में होता है जो कि जल में शीघ्रता से घुलनशील नहीं होता है। रासायनिक अपक्षय की दृष्टि से बेसिक आग्नेय चट्टानों का विघटन एमिड आग्नेय की अपेक्षा अधिक होता है।

3 प्रागैकॉम्य अपक्षय (Biological Weathering)—वनस्पतियाँ तथा जीव-जन्तु दोनों चट्टानों के विघटन तथा विघाटन में सहयोग प्रदान करते हैं परन्तु यह उल्लेखनीय है कि इनके सभी कार्य विनाशालयक नहीं होते हैं। जीव-जन्तु खाकर जो बिल बनाकर पृथ्वी के अन्दर रहते हैं, उनका काम निश्चय ही पृथ्वी की सतह में खोद-खाद करना रहता है परन्तु वनस्पतियाँ यदि एक तरफ चट्टान को अपनी जड़ों द्वारा कमजोर तथा ढीली बनाती हैं तो दूसरी तरफ उनमें सघनता तथा समर्थन भी पाती हैं। प्रारम्भ से ही मानव-कार्य भी पृथ्वी-तल पर मौलिक आकृतियों में खोद-कोद करता

रहता है। इन कार्यों द्वारा अपक्षय की प्रक्रिया का हम अलग-अलग मंशेष में अध्ययन करेंगे।

(i) जीव-जन्तुओं द्वारा अपक्षय (Weathering due to animals)—पृथ्वी की ऊपरी-सतह पर मिट्टी में रहने वाले कई प्रकार के कीड़े-मकोड़े तथा बिलकारी प्राणी (burrowing animals-बिल बनाकर रहने वाले जीव) रहते हैं जो कि शर्त-शर्त, परन्तु लगातार धरा-तलीय चट्टानों में अपने विनाशालयक कार्य अर्थात् विघटन के लिए घनन-कार्य द्वारा उसे ढीली तथा ढीली बनाते हैं। बिलकारी जीवों में तोफर (gopher—एक प्रकार की गिन्हरी), प्रेवरी कुत्ते (prairie dogs), दीमक (termites), लोमड़ी (fox), गौड (jackal), बिल, चींटी, घूहा आदि प्रमुख हैं जो कि अपने निवास के लिए चट्टानों को खोदकर उनमें बिल बनाते हैं जिस कारण चट्टानें ढीली तथा कमजोर हो जाती हैं एवं विघटन आसानी से होने लगता है। छोटे-छोटे कीड़े-मकोड़े खाकर केबुए बा जैविक अपक्षय (animal weathering) में सर्वाधिक हाथ रहता है, जो कि प्रतिवर्ष अधिक मात्रा में निचली परतों में मिट्टी खोदकर ऊपरी सतह पर एकत्र करते रहते हैं। सामान्य मिट्टी में एक एकड़ भाग में 1,50,000 छोटे-छोटे कीड़े होते हैं जो कि एक वर्ष की अवधि में लगभग 15 टन मिट्टी पृथ्वी की ऊपरी सतह पर एकत्र कर देते हैं। आर्सेन शॉविन के एक अनुमान के अनुसार अमेरिकी बायो में कीड़े प्रतिवर्ष प्रति हेक्टेयर भूमि से 25.4 हजार किलोग्राम मिट्टी खोदकर सतह के ऊपर ला देते हैं। मानव भी एक जीव है तथा अपक्षय में सहायता करता है। खानें खोदना, सड़को आदि के निर्माण के लिए सुर्रों बनाना, वनों को काटना आदि मानवी क्रियाएँ चट्टानों को निहायत निबल बना देती हैं।

(ii) वनस्पतियों द्वारा अपक्षय (Weathering due to vegetation)—वनस्पतियों द्वारा अपक्षय दो रूपों में होता है। प्रथम यांत्रिक तथा द्वितीय, रासायनिक। यांत्रिक अपक्षय में वृक्षों, झाड़ियों तथा छोटे-छोटे पौधों की जड़ें पृथ्वी के अन्दर प्रवेश करती हैं जिस कारण चट्टानों के दरार (crevices), जिनमें इनकी जड़ें वा प्रवेश होता है, फैलने लगती हैं तथा तनाव के कारण विघटन होने लगता है। स्मरणीय है कि सभी प्रकार के पौधे चाहे बड़े हो या लिवेन तथा फजाई की तरह नगण्य हो, अपक्षय में सक्रिय भाग लेते हैं। वनस्पतियों द्वारा रासायनिक अपक्षय कम महत्त्वपूर्ण नहीं है। प्रायः सभी

प्रकार की वनस्पतियों की जड़े चट्टानों के कुछ तत्वों को अपने आन्दर समाविष्ट कर लेती हैं जिससे चट्टानें कमजोर हो जाती हैं। वनस्पतियों की जड़ों में प्रायः जल युक्त बैक्टीरिया (water containing bacteria) होते हैं जो कि चट्टानों के खनिजों को घुलाकर उनसे असल कर लेते हैं तथा चट्टान को कमजोर बना देते हैं। वनस्पतियों तथा जीवों के अवशेष जल में पड़ कर सड़ते हैं जिस कारण उनके कार्बन डाई-आक्साइड, ऑर्गेनिक एमिड आदि असल हो जाते हैं तथा इनके भस्मिगण से जल एक सक्रिय घोलक कारक हो जाता है तथा चट्टानों के खनिजों को जलग कर लेता है। वनस्पतियों के अवशेष के सड़ने में प्राप्त ह्यूमस तत्त्व (humus) निमोनाइट (limonite) को घुला कर असल कर लेता है।

उपर्युक्त विवरण में यह सात्वयं नहीं है कि वनस्पतियों का कार्य मदैव चट्टानों में विघटन तथा वियोजन उत्पन्न करना ही है वरन् ये चट्टानों के संरक्षण का भी कार्य करती हैं। पर्वतों तथा वनस्पतियों की जड़ों द्वारा चट्टानें आपस में बंध जाती हैं जिनमें अपक्षय तथा अपरदन के लिए सघन तथा समरुद्ध हो जाती हैं। वनस्पतियों के अभाव में अपरदन इतना अधिक सक्रिय हो जाता है कि भूमि पूर्णतया अनुपजाऊ हो जाती है। समुक्त राज्य अमेरिका के केंटुकी, वर्जीनिया तथा टेनेसी आदि प्रान्तों में इसके अग्रस्थल प्रमाण हैं। हिमालय क्षेत्र में वनों के अनावरण में चट्टानें नग्न हो गयी हैं तथा उनका अपक्षय तथा अपरदन इतने तीव्र गति से हो रहा है कि हिमालय से निक्का आती बृहत् नदियों (गंगा यमुना घाघरा आदि) में वर्षावाला म अवसादों की मात्रा इतनी बढ़ती जा रही है कि उनकी तली के लगानार भरते जल से बाढ़ का प्रकोप बढ़ता जा रहा है। कुमायूं हिमालय इसका प्रमुख उदाहरण है। उस क्षेत्र की भीमताल तथा नौकुखियाताल झीलें दिन प्रतिदिन भरती जा रही हैं। छोटा नागपुर पठार रीबा पठार, पश्चिमी घाट आदि क्षेत्रों से वनों के कट जाने के कारण अपक्षय तथा अपरदन की दर/तीव्रता से बढ़ी है। अपक्षय की उपर्युक्त क्रियाएँ प्रायः अलग-अलग कार्य नहीं करती हैं वरन् एक दूसरे के सहयोग के साथ सक्रिय होती हैं। अतः अपक्षय के एक प्रकार की दूसरे से अनग करना न्यायोचित नहीं है।

### भग्न चट्टान-चूर्ण का सामूहिक स्थानान्तरण (Mass Translocation of Rock-Waste)

**सामान्य परिचय**—अपक्षय के भौतिक, रासायनिक तथा प्राणिवर्मीय माध्यमों द्वारा चट्टानों में विघटन तथा वियोजन के फलस्वरूप टूट-फट होने में असंगठित पदार्थ असल होते रहते हैं। अपक्षय द्वारा प्राप्त इस प्रकार के चट्टानों भाग को चट्टान-चूर्ण या नष्ट चट्टान अवशेष (rock waste) कहते हैं। ये नष्ट-चट्टान-चूर्ण कभी-कभी अपने स्थान पर ही रह जाते हैं तथा कभी-कभी इनका स्थानान्तरण भी होता है। इन चट्टान-चूर्णों का आधिक दृष्टिकोण से अत्यधिक महत्त्व होता है क्योंकि मिट्टियाँ के ऊपरी आवरण (horizon) का निर्माण इसी अपक्षय द्वारा प्राप्त चट्टान-चूर्णों (rock-waste) द्वारा होता है। इनका मिट्टियों पर आवरण दो रूपों में होता है। भूमि के ऊपरी आवरण को सामान्य रूप में आवरण शैल (mantle rock) कहते हैं। इसे कभी-कभी रेगोलिथ (regolith) भी कहा जाता है। वास्तव में आवरण शैल चट्टानों तथा खनिजों का असंगठित समूह होती है जो कि ठोस अथवा आधार शैल (bed rock) पर आवरण के रूप में विद्यमान रहती है। आवरण शैल (mantle rock) का प्रकार भी होती है—अवशिष्ट आवरण शैल (residual mantle rock) तथा आयातित आवरण शैल (imported mantle rock)। जहाँ पर आवरण शैल का निर्माण चट्टान के स्थान पर ही नीचे स्थित चट्टान के अपक्षय के कारण होता है उसे अवशिष्ट आवरण शैल कहते हैं। वास्तव में यहाँ अवशिष्ट मिट्टी (residual soil) का रूप धारण करती है। इसके विपरीत जब आवरण शैल का परिवहन तथा स्थानान्तरण हो जाता है तो उसका जमाव अन्यत्र हो जाता है। इस प्रकार की आवरण शैल को आयातित आवरण शैल (transported mantle rock) कहते हैं तथा यह आयातित मिट्टी (transported soil) का रूप धारण करती है। आयातित आवरण शैल के परिवहन में जब अपरदन के माध्यम के रूप में भाग लेते हैं तो प्रत्युत्पन्न (resultant) मिट्टी का नामकरण उसके परिवहन कारक के आधार पर हो जाता है। उदाहरण के लिए नदी द्वारा—जलोढ़ जमाव, हिमानी द्वारा—मर्मिगल डिण्ट तथा वायु द्वारा—लोयस। प्रायः अब यह सर्वमान्य हो गया है कि चट्टानचूर्ण की चादर (sheets of rock waste) का नीचे वाले ढाल की तरफ स्थानान्तरण होता है। वास्तव में चोरम मैदान,



चोटी पठारों के ऊपरी भाग, वनस्पति के आवरण से आच्छादित भाग तथा वनों की चादर से आच्छादित भागों में चट्टान-चूर्ण आवरण जैव के रूप में अपने स्थानों पर ही स्थिर रहता है, वगैरें कि उसका अन्य माध्यमों द्वारा स्थानान्तरण न हो। परन्तु यह स्थानान्तरण आवश्यक है। चट्टान चूर्ण का स्थानान्तरण दो रूपों में होता है। प्रथम प्रकार का स्थानान्तरण गीण होता है, जिसमें भूमि सर्पण या सरकन (earth creep), मिट्टी का सर्पण (soilfluction), अवपतन (slump) तथा भूमि-स्खलन या भूमिखिसकन (landslides) को सम्मिलित किया जाता है। इस प्रकार के गीण स्थानान्तरण मुख्य रूप से मुख्य शक्ति के कारण सम्पन्न होते हैं। द्वितीय प्रकार का स्थानान्तरण बड़े पैमाने पर होता है तथा इनमें भाग लेने वाले प्रमुख कारक नदी का जल, हिमानी, वायु, भूमिगत जल तथा मागरीय गहरें होती हैं। इनके द्वारा चट्टान-चूर्ण का परिवहन या स्थानान्तरण अति द्रव्य भागों तक हो जाता है। हमारा सम्बन्ध यहाँ पर गीण स्थानान्तरण से ही है।

भग्न चट्टान-चूर्ण का ऊपरी ढाल से नीचे की ओर स्थानान्तरण होने से उसका निचले भाग पर ढेर के रूप में जमाव होता रहता है। इस प्रकार के ढेर को भग्नाराम राशि या टालस (scree or talus) कहा जाता है।<sup>1</sup> जब बड़े-बड़े टुकड़ों का एकत्रीकरण एक शंकु के रूप में हो जाता है तो उसे टालस शंकु (talus cone) कहते हैं। इसी तरह जब टालस का निर्माण बड़े-बड़े टुकड़ों द्वारा होता है तो उसका ढाल तीव्र होता है क्योंकि ये एक दूसरे पर एकत्रित होते रहते हैं तथा फैलते नहीं हैं। इससे विपरीत महीन कणों से निर्मित टालस का ढाल मन्द होता है क्योंकि कण बारीक होने के कारण दूर तक फैल जाते हैं। अब हम 'गीण सामूहिक स्थानान्तरण' का संक्षेप में अलग-अलग वर्णन करेंगे।

### सामूहिक स्थानान्तरण का वर्गीकरण (Classification of Mass Movement or Translocation)

भूमि या भग्न चट्टान-चूर्ण का सामूहिक स्थानान्तरण या तो तीव्र गति ग हाता है या सामान्य गति से शनै-शनै होता है। वास्तव में स्थानान्तरण की क्रिया अचानक होती है तथा इसे हर समय देखा नहीं जा सकता है। भूमि सर्पण के बड़े कारण हुआ करते हैं, जिनमें

महत्वपूर्ण ढाल का स्वरूप, गुरुत्व, जल की मात्रा तथा चट्टान के संघटन होते हैं। उपर्युक्त कारकों में भिन्नता के कारण भूमि सर्पण या स्थानान्तरण भिन्न भिन्न रूपों में सम्पन्न होता है। अधिकांश विद्वानों ने सामूहिक स्थानान्तरण के वर्गीकरण तथा उनके विभिन्न प्रकारों में विभेद स्थापित करने के लिए जल की मात्रा का महत्त्व लिया है, क्योंकि जल स्थानान्तरण या सर्पण में स्नेहक या चिकनाहट उत्पन्न करने वाला कारक (Lubricator) का काम करता है। इस प्रकार यदि पंक-वाह (Mud flow) में जल सर्वाधिक मात्रा में होता है तो एवालांच (Avalanche-हिम ग्रीववाह) में जल की नितान्त कमी होती है। गति तथा जल की मात्रा के आधार पर स्थानान्तरण को निम्न तीन भागों में विभाजित किया जा सकता है।

1 चट्टानी भागों का बड़े पैमाने पर तीव्र गति से सर्पण (Slide)—इस प्रकार के स्थानान्तरण में जल या हिम की स्नेहक (Lubricator) के रूप में आवश्यकता नहीं पड़ती है। भूमि-स्खलन (Landslides) इसका प्रमुख उदाहरण है।

2 जब भग्न चट्टान-चूर्ण (Rock waste) या चट्टानी भाग में जल की मात्रा होती है परन्तु पर्याप्त नहीं होती है तो आगिक सम्पृक्तता के कारण चट्टान-चूर्ण का धीरे-धीरे सर्पण (Slow flowage) होता है। इसमें शैल सर्पण (Rock creep), मिट्टी का सर्पण (Soil creep) तथा भूमि सर्पण (Solifluction) को सम्मिलित किया जाता है।

3 जब चट्टान-चूर्ण पूर्णतया जल में संपृक्त हो जाता है तो मिट्टियों का तीव्र गति से सर्पण या स्थानान्तरण होने लगता है। इसमें भूमि वाह (Earlin flow), पंक वाह (Mud flow) को सम्मिलित किया जाता है। जब सर्पण या स्थानान्तरण अत्यधिक तीव्रता से होता है तो उसे चादर धुलन (Sheet wash) कहते हैं। सामूहिक स्थानान्तरण को हम विभिन्न रूप से आगे दिए भागों में विभाजित कर सकते हैं।

यहाँ पर स्थानाभाव के कारण सभी प्रकार के सर्पण तथा स्थानान्तरण का उल्लेख करना कठिन है। अतः केवल भूमि सर्पण (Solifluction), भूमि स्खलन (Land Slides), पंकवाह (Mud flow), तथा एवालांच (Avala-

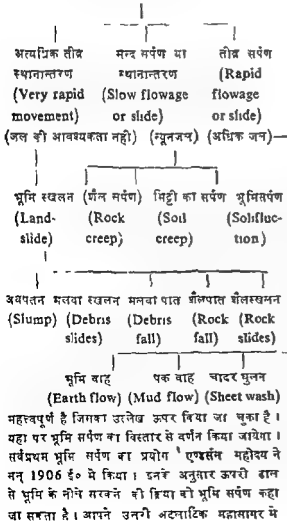
<sup>1</sup> "The debris dissolved by weathering of steep slopes, which accumulate at their bases is known as talus or scree" Lobeck, A. K., Geomorphology, Page 811 (1959).

nches) का ही उल्लेख दिया जायेगा तथा उनसे निमित्त स्थानाकृतियों (Landforms) पर भी विहंगावलोकन किया जायेगा।

### भूमि सर्पण (Earth creep or Solifluction)

भूमि चट्टान-चूर्ण को सामूहिक रूप से ऊपरी ढाल में निचले ढाल की तरफ खिसकने की क्रिया को ही सामूहिक स्थानान्तरण कहा जाता है। ऊपरी ढाल से चट्टान-चूर्ण के सरकने की प्रक्रिया को शीर्ष महोदय ने चार भागों में विभक्त किया है। 1—मिट्टी का सर्पण (Soil creep), टालस सर्पण (Talus creep) चट्टान हिमानी सर्पण (Rock glacier creep) तथा चट्टान सर्पण (Rock creep)। इनमें से टालस सर्पण अधिक

### सामूहिक स्थानान्तरण Mass Translocation



"बोयर द्वीप" के मड ग्लेशियर (Mud glacier) तथा दक्षिणी अटलांटिक महासागर में फाल्कलैण्ड द्वीप (Falkland Island) की स्टोन नदियों (Stone Rivers) के अध्ययन के बाद यह बताया कि जल से सम्पन्न होकर ऊपरी ढाल में निचले ढाल की तरफ भूमि तथा मिट्टियों का सर्पण होता रहता है। वास्तव में शब्द "Solifluction" दो शब्दों Solum (Soil) तथा fluere (flow) से मिलकर बना है जिसका शाब्दिक अर्थ भी मिट्टी के बहाव या सरकाव में ही होता है। भूमि सर्पण के लिए चार दशाओं का होना आवश्यक है। 1 हिम तथा घातकीय हिम के पिघलने से पयोत जल की प्राप्ति, 2 वनस्पति में रहित साधारण में तोड़ ढान वाला भूभाग, 3 सतह के नीचे सतत बर्फ से आच्छादित घातक (Permanently frozen ground beneath the surface) तथा 4 अपक्षय द्वारा स्थलिक भूमि चट्टान-चूर्ण की प्राप्ति। उपर्युक्त दशाओं से प्रेरित होकर चट्टान चूर्ण तथा मिट्टियाँ जल में सम्पन्न होकर गुरुत्व के कारण ऊपरी ढाल की ओर सरकने लगती हैं तथा निचले भाग पर उनका संचयन होने लगता है।

भूमि सर्पण का कार्य मुख्य रूप से शीत प्रधान जल-वायु वाले भागों में सम्पन्न होता है। शुष्क तथा अर्धशुष्क जलवायु वाले भागों में यह क्रिया नहीं होती है। भूमि सर्पण का पर्यवेक्षण (Observation) दक्षिणी जाजिया आर्कलैण्ड, स्पिट्सबर्गेन (Spitzbergen) तथा स्कैंडिनेविया में किया जा चुका है। उपध्रुवीय या अल्पाइन (उच्च पर्वतीय भागों में) क्षेत्रों में गर्मियों के भीतम में जब बर्फ पिघलती है तो अपक्षय से प्राप्त चट्टान-चूर्ण में पिघला हुआ जल मयाविष्ट हो जाता है तथा समस्त चट्टान-चूर्ण सामूहिक रूप से नीचे सरकने लगता है। भूमि सर्पण द्वारा उत्पन्न स्थलाकृतियाँ अधिक महत्त्वपूर्ण नहीं होती हैं। ढाल से नीचे सरकते समय स्थानीय रूप से सोपानाकार बंदिकार्ये निमित्त हो जाती है। भूमि सर्पण का सबसे अधिक प्रभाव अपरदन की सक्रियता को तेज करने पर पड़ता है क्योंकि भूमि सर्पण द्वारा प्राप्त ढोले मलवा को अपरदन के विभिन्न साधन एवं स्थान से दूसरे स्थानों पर ले जाते हैं। फलस्वरूप कई अपरदन सम्बन्धी स्थलाकृतियों का आविर्भाव होता है। स्थान-स्थान पर छोटे-छोटे गर्त इस मलवा से भर जाते हैं। जिन भागों से मिट्टी निकल कर सर्पण (Creep) करती है वहाँ पर छोटे बड़े वन जाते हैं जिन्हें सैग (Sag-अवनतन)

कहा जाता है। देखिए अध्याय “पनिहिमानी म्पलाकृति”।

### भूमि स्खलन (Landslides)

मासूहिक स्थानान्तरण के विभिन्न प्रकारों में भूमि-स्खलन सर्वाधिक महत्वपूर्ण होता है तथा इसमें चट्टानों का बड़ा-बड़ा भाग टूट कर निचले ढाल के मगरे मरकता रहता है। कभी-कभी तो इसके अन्तर्गत इनमें बड़े-बड़े चट्टानों के टुकड़े गिरते हैं कि उनमें अनायास ही घनत्वनाक स्थिति पैदा हो जाती है तथा यदि वहाँ पर मानव-आवास होता है तो अधिक क्षति होती है। भूमि-स्खलन तथा भूमि-सर्पण में पर्याप्त अन्तर स्थापित किया जा सकता है। यदि भूमि-सर्पण में मानवा के खिसकने या मरकन की गति मन्द होती है तो भूमि स्खलन में चट्टानों भाग बड़े-बड़े आकारों में तीव्र गति से अनायास ही गिरने लगता है। यदि भूमि-सर्पण में भूमि की आवरण गैर (Mantle rock) या मिट्टियों का ऊपरी भाग ही गडगिरी होता है तो भूमि-स्खलन में आधार शैल (Bed rock) तथा आवरण गैर दोनों का बड़े पैमाने पर स्थलन होता है। इनकी प्रत्यक्ष दोनों के प्रत्युत्पन्न (Resultant) मनवा में भी अन्तर होता है। टालस साकु का निर्माण भूमि सर्पण के अन्तर्गत चट्टानों के टुकड़ों के धीरे-धीरे टूटने तथा एकत्रीकरण द्वारा होता है परन्तु भूमि-स्खलन में एक ही साथ चट्टानों का विस्फुट भाग टूट कर गिर जाता है। भूमि स्खलन की द्वितीय महत्वपूर्ण विशेषता यह है कि इसमें स्थानान्तरित होने वाले मलबा (Debris) में जन की मात्रा अत्यन्त कम होती है।

भूमि-स्खलन के कारण (Causes of landslides)—भूमि-स्खलन एक कारण या एक ही दशा का प्रतिफल नहीं होता है परन्तु यह क्रिया कई कारणों द्वारा कई दशाओं में कई प्रकार के स्थानों पर सम्पन्न होती है। अतः भूमि-स्खलन में अन्य कारणों के साथ ही बनावट तथा चट्टान का संगठन एवं संरचना आदि का अधिक योग रहता है। भूमि-स्खलन के लिए उत्तरदायी निम्न कारणों की व्याख्या की जा सकती है—

(i) ढाल का स्वभाव (Nature of Slopes)—भूमि-स्खलन के लिये खड़े तथा तीव्र ढाल (Steep slopes) का होना अतिआवश्यक है। मुख्य रूप से भ्रमन (Faults) के निर्माण के समय घाँरा रेखा (Fault line) के सहारे जब एक स्थल भाग नीचे या ऊपर हट जाता है तो छटे ढाल का आविर्भाव होता है। भूमि-स्खलन तब तक जारी रहता है जब तक ढाल इतना कम न हो

जाय कि मनवा अपने स्थान पर मन्द गम। 35° के ढाल पर बड़े कणों वाले मनवा का स्थानान्तरण रक जाता है।

(ii) जल द्वारा स्नेहन (Lubrication by water)—यद्यपि भूमि-स्खलन में जन की आवश्यकता कम पड़ती है तथापि ऊँचे ढाल वाले भागों में दोंडे से जल के सम्मिश्रण से भी मनवा में चिकनाहट आ जाती है, जिनमें प्रभावित होकर चट्टानों का स्थलन होने लगता है। कुछ सीमा तक समाविष्ट जल का भार भी स्खलन में सहायता करता है। कभी-कभी अपक्षय द्वारा जब चट्टानों में बड़े-बड़े दरारों (Cracks or pores or spaces) तथा खुले स्थानों का निर्माण हो जाता है तो उनके अन्दर का जमा हुआ जल (टिम) पिघलने पर भूमि-स्खलन में सक्रिय योग देता है।

(iii) भूकम्पन (Earth tremors)—जब भूपटल में साधारण अथवा तीव्र कंपन पैदा होती है तो उससे साधारण से लेकर बड़े पैमाने पर भूमि-स्खलन प्रारम्भ हो जाता है। भूकम्पन कई कारणों, जैसे ज्वालामुखी विस्फोट, भूमिगत गुफाओं की छत के गिरने, सागरीय लहरों के तट से टकराव, पृथ्वी के अन्दर गैसों के विस्तार आदि से उत्पन्न होता है। होब प्रहोदय के अनुसार समुद्रतट पर अमेरिका के कोलोरेडो प्रान्त के सान जुआन पर्वत (San Juan Mountain) के अधिकांश भूमि-स्खलन प्राचीन भूकम्पों द्वारा सम्पन्न हुए थे।

(iv) गुरुत्व (Gravity) गुरुत्व का प्रभाव प्रायः ऊँचे ढालों वाले भागों में होता है, जहाँ पर चट्टान का एक टुकड़ा दूसरे की ओर खिसकता है तथा दोनों मिलकर नीचे की ओर सरक कर अन्य टुकड़ों के सरकने में सहायता प्रदान करते हैं। इस क्रिया के कारण कभी-कभी बड़े पैमाने पर चट्टानों का स्खलन होने लगता है।

(v) चट्टान की संरचना (Geological Structure of the Rocks) चट्टानों की संरचना अर्थात् उनकी विभिन्न परतों की स्थिति का भूमि-स्खलन पर पर्याप्त असर होता है। उदाहरण के लिए चट्टानों की परतों की स्थिति लम्बवत् या ऊर्ध्वांश्वर हो सकती है या समानान्तर रूप में क्षैतिज अवस्था में हो सकती है या कुछ कोण पर झुकी हो सकती है। जहाँ पर चट्टानों का स्तर लम्बवत् या झुका होता है, वहाँ पर भूमि स्खलन अधिक होता है। इसी प्रकार यदि किसी घाटी की तरफ झुकी चट्टान के ऊपर मुलायम शैल की परत का आवरण होता है तथा जब यह शैल जल से परिपूर्ण

हो जाती है चट्टान का स्खलन नति (Dip) के सहारे नीचे की ओर होने लगता है तथा ऊपरी कमजोर शैल की परत स्नेहक परत (Lubricating layer) का कार्य करती है, अर्थात् शैल की परत, चट्टानों के फिसलने में सहायता प्रदान करती है। यदि किसी स्थान पर चट्टान अपक्षय द्वारा विघटन एवं वियोजन से अति कमजोर हो गई हो तो अचानक जलवृष्टि के कारण उसका स्खलन प्रारम्भ हो जाता है (हिमालय प्रदेश)।

(vi) कभी-कभी जब चट्टान का निचला सहारा घटता हो जाता है तो ऊपरी चट्टान ध्वस्त होकर नीचे सरकने लगती है। इस प्रकार का स्खलन प्रायः कोयले की खानों में हुआ करता है। जब नीचे की सतह में कोयला निकाल दिया जाता है तो ऊपरी आवरण का आश्रय समाप्त हो जाता है जिसमें ऊपरी आवरण ध्वस्त होने लगता है। यह स्मरणीय है कि उपर्युक्त कारण एक दूसरे के सहयोग से ही कार्य करते हैं। प्रायः एक से अधिक कारकों के एक साथ मिलकर सक्रिय होने पर बड़े पैमाने पर भूमि-स्खलन होता है।

**भूमि-स्खलन की स्थिति (Location of Landslides)**—भूमि-स्खलन की क्रिया उन्हीं स्थानों पर सक्रिय होती है जहाँ पर धरातलीय बनावट तथा चट्टान की संरचना उसके लिये सुविधाजनक हो। 1 सर्वप्रथम भूमि-स्खलन के लिए भूमि तीव्र ढाल वाली होनी चाहिये जिससे कि स्थानान्तरण में बाधा न हो सके। 2 द्वितीय प्रकार की सुविधाजनक स्थिति कगार-घाँस (Fault-scarp) के सहारे पाई जाती है। इसी कगार-घाँस के सहारे समुक्त राज्य अमेरिका में कोलोरेडो के पठार में भूमि-स्खलन बड़े पैमाने पर होता है। 3 नदियों द्वारा नवोन्मेष (Rejuvenation) होने के कारण उत्पन्न खड़े ढाल के सहारे भूमि-स्खलन तीव्रता से होता है। 4 सागरीय किनारों पर, जहाँ की सागरीय लहरों ने अपरदन द्वारा तीव्र ढाल वाले तिलक (Cliff) का निर्माण कर लिया हो, भूमि-स्खलन के लिये सुलभ दशाएँ उत्पन्न हो जाती हैं।

**भूमि-स्खलन के प्रकार (Kinds of Landslides)**  
—भूमि-स्खलन की सक्रियता तथा मलबा के स्खलन की मात्रा के अनुसार इसे कई भागों में विभाजित किया जाता है। शॉपे महोदय ने अपनी पुस्तक "Landslides and Related Phenomena" (1938) में भूमि-स्खलन को 5 विभिन्न प्रकारों में विभाजित किया है।

1 अवपतन (Slump), 2 मलबा-स्खलन (Debris slides), 3. मलबा-पात (Debris fall), 4 शैल-स्खलन (Rock slides) तथा 5 शैल-पात (Rock fall)। इनमें से प्रत्येक का मक्षिण विवरण देना आवश्यक है।

(i) अवपतन (Slump)—अवपतन में चट्टानों के टुकड़े या चट्टानी भागों तथा भूमि का एक-एक (Intermittent) नीचे की ओर पतन या स्खलन होता है। अवपतन में चट्टानों का गिरना या स्खलन अधिक दूर तक न होकर कम दूरी तक सीमित रहता है। नदियों, सागरीय लहरों तथा मानव द्वारा ढाल के अन्दर की आर कटाव द्वारा अवपतन शीघ्र होता है। जिस ढाल में होकर अवपतन होता है उस पर सीपानाकार छोटी छोटी वेदिकाएँ बन जाती हैं। मिसौसीपी की घाटी में नीचल के जमाव में इस प्रकार की आकृतियाँ मिलती हैं।

हलाहवाह जनपद में गंगा तथा यमुना नदियों की घाटियों के किनारों पर मानसून के बाद जलधारा की तरंगों द्वारा घाटी-पार्श्व के निचले भाग पर जलमय क्रिया द्वारा अधःकटान (undercutting) द्वारा ढाल जलोढ़ मलबा का अवपतन एक सामान्य प्रक्रिया है। वर्षा काल में बाढ़ के समय रेत, चोका तथा पत्थर की विभिन्न परतों का जमाव होता है। बाढ़ के बाद य नदियाँ अपनी विस्तृत घाटियों में संकुचित जलधाराओं में सिमट जाती हैं। शरद काल के बाद अत्यधिक मृदापन के कारण इन जलोढ़ जमावों में जल के सूख जाने (शुष्कीकरण-desiccation) के कारण ऊपरी भाग पर एक फटन (mud cracking) के कारण बड़े-बड़े बहूभुज बन जाते हैं। नदी अपने मोड़ों (मियाण्डर) के पान अधोरदित ढाल (under-cut slope or cut-bank) के सहारे जलमय क्रिया द्वारा किनारों के निचले भाग का अपरदन करती है जिस कारण ऊपर से मलबा अवपतन प्रारम्भ हो जाता है। इस तरह का उदाहरण इन समय गंगा नदी के दाहिने किनारे पर सिरसा (गंगा-योन सगम) तथा उमन थोड़ा ही दूर (downstream) सबटहा ग्राम में पाम देखा जा सकता है।

(iii) मलबा स्खलन (Debris Slides)—मलबा-स्खलन, अवपतन की अपेक्षा बड़े पैमाने पर होता है तथा जल की मात्रा प्रायः कम ही होती है। यह दो कारणों से होता है। प्रथम, जल के कारण चट्टान के सम्पृक्त हो जाने से तथा द्वितीय, असंगठित आवरण शैल (Unconsolidated mantle rock) के अघातक नीचे की ओर



चित्र 174—अवपतन या अवपातन (Slumping) ।

सरकने से। मलबा-स्खलन में मिट्टियों तथा बाउल्डर का प्रायः सम्मिश्रण रहता है। मलबा-स्खलन से प्राप्त अवसाद के घाटियों की तलहटी या पहाड़ियों के किनारों पर जमा हो जाने से विविध प्रकार की स्थलाकृतियाँ बन जाती हैं।

(iii) मलबा पात (Debris Falls)—मलबा-पात मूल्य रूप से मलबा-स्खलन से इस बात में भिन्न है कि प्रथम (मलबा-पात) में पदार्थ अत्यधिक ऊँचे अर्थात् लम्बवत निलफ में गिरते हैं। इस क्रिया के कारण प्राप्त मलबा के संचयन में निलफ की तलहटी में छोटे-छोटे ढेर तथा बटक (Ridge) का निर्माण हो जाता है।

(iv) शैल स्खलन (Rock Slides)—भूमि-स्खलन में सर्वाधिक महत्वपूर्ण स्थान शैल-स्खलन का होता है जिसमें चट्टानों के बड़े-बड़े टुकड़े पहाड़ों के ढाल से सरक कर नीचे गिरने रहते हैं। शैल-स्खलन मुख्य रूप से पर्वतीय भागों में समुद्र के महीने में होता है जबकि जमा हुआ वर्ष पिघलन लगता है। इस क्रिया में कभी-कभी चट्टानों के इतने बड़े-बड़े टुकड़े तथा इतनी अधिक संख्या में गिरते हैं कि इनमें जन-जन की पर्याप्त हानि होती है। संयुक्त राज्य अमेरिका के वायोमिंग प्रान्त के मई 1925 ई० के ग्रास वेंटर स्लाइड (Gross Ventre Slide) तथा अलाबामा प्रान्त के 1903 ई० के टटिल पर्वत स्लाइड, दो प्रमुख शैल-स्खलन उल्लेखनीय हैं। टटिल पर्वत स्लाइड के कारण अलाबामा प्रान्त के फ़ीन नगर को पर्याप्त क्षति पहुँची तथा 70 लोग कालबलि हो गये। इस शैल-स्खलन में 35,000,000 घन गज शैल सम्मिलित थी जिसमें 2 वर्गमील स्थान की आवृत्त कर लिया था।<sup>1</sup> 1884 ई० में मैनीताल का शैल-स्खलन बड़े पैमाने पर

मग्न हुआ था। मैनीताल के उत्तरी-पश्चिमी किनारे पर स्थित पहाड़ी (मैलीताल के पास) की शैल का इतने बड़े पैमाने पर स्खलन हुआ था कि मैनीताल का उत्तरी भाग (मैलीताल के पास वाला) भर गया जो अब भी हेलिपैड के रूप में प्रयोग में लाया जाता है। मैनीताल के मैलीताल का सूखा ताल शैल स्खलन के कारण ही इस अवस्था (जलविहीन) में है।



चित्र 175—शैल-स्खलन (Rock Slide) ।

भूमि-स्खलन द्वारा निमित्त स्थलाकृतियाँ (Topography due to landslide)—विभिन्न प्रकार के भूमि-स्खलन तथा उनसे निमित्त स्थलाकृतियों में विचित्र सम्बन्ध होता है। अर्थात् एक तरफ तो कई कारकों के कारण भूमि-स्खलन में पर्याप्त भिन्नता पाई जाती है तो दूसरी तरफ इन विभिन्न भूमि-स्खलनों द्वारा उत्पन्न स्थलाकृतियों में पर्याप्त समानता होती है। मुख्य रूप से भूमि-स्खलन पर्वतीय ढालों, निलफ-घाटियों के खड़े ढाल तथा कगार भ्रज (Fault scarp) के सहारे होते हैं अतः निमित्त स्थलाकृतियों पर पर्वतीय ढाल, घाटी की दीवाल तथा तलहटी आदि का अधिक प्रभाव होता है।

(i) क्षतिचिह्न (Scar) - जिस पर्वतीय ढाल या पर्वतीय भाग (यहाँ पर सम्पूर्ण है कि भूमि-स्खलन मुख्य रूप से पर्वतीय भागों में ही होता है) से चट्टानें टूट कर तथा निकल कर नीचे की ओर स्थलित होती हैं या खुदकली हैं, उस स्थान पर एक सामान्य रिक्त स्थान का निर्माण हो जाता है तथा उसमें यह साफ स्पष्ट होता कि कोई चीज यहाँ से अवग हो गयी है। इसे क्षतिचिह्न (Scar) कहा जाता है। जिस प्रकार मानव शरीर पर चोट आदि के धाव (Wound) के कारण चिह्न बन जाते हैं, उसी प्रकार ये क्षतिचिह्न पर्वतीय ढालों पर भूमि

1 अक्टूबर मास (1968) का दार्जिलिंग (भारत) का भू-स्खलन अत्यन्त भयंकर था। इसके आगमन से हजारों व्यक्ति कालबलि हो गये। नरियो में भयंकर बाढ़ आ गई तथा दो प्राकृतिक झीलें का निर्माण हो गया।

स्खलन के कारण बन जाते हैं। भ्रम चट्टान-पूर्ण (Rock waste) पर्वतीय ढाल की तलहटी में असमान ढेर के रूप में एकत्रित होते रहते हैं। यह उल्लेखनीय है कि भूमि-स्खलन के अन्तर्गत सभी पदार्थों का स्खलन अधिव दूरी तक एक ही साथ नहीं होता है, बल्कि भूमि-स्खलन कई बार रुक-रुक कर सम्पन्न होता है। इस क्रिया के कारण पर्वतीय ढालों पर, जिस पर होकर स्खलन होते हैं, बड़े-बड़े चिह्न बन जाते हैं जिन्हें उमि-चिह्न (Ripple marks) कहते हैं।

(ii) बेदिकायें (Terraces)—अवपतन (Slumps) की क्रिया के कारण छोटी-छोटी बेदिकाओं का निर्माण पर्वतीय भागों में होता रहता है। संयुक्त राज्य अमेरिका के ग्राण्ड मेसा (Grand Mesa) में अवपतन के कारण कई छोटी-छोटी बेदिकायें तथा छोटी-छोटी झील-बेसिन (Lake basins) बन गई हैं। कोलम्बिया के पठार पर भी इसी प्रकार अवपतन के कारण बेदिकाओं का निर्माण हो गया है। इलाहाबाद जनपद में टोस, बेतन तथा सेवती नदियों के किनारों पर अवपतन के कारण कई सीमित क्षेत्र वाली लघु बेदिकाओं का निर्माण हुआ है।

(iii) बिस्तर का विस्तार (Widening of Meanders)—नदियों की घाटियों के किनारे वाली दीवारों में अपक्षय के कारण कमजोर चट्टानें जैसे जलोढ़ या चिकनी मिट्टी विघटित हो जाती हैं तथा नदी द्वारा नीचे की ओर कटाव होने के कारण ऊपर से टूट-टूट कर गिरने लगती हैं जिससे नदी के विमर्ष अर्थात् मिषाण्डर में लगातार विस्तार होता रहता है। गंगा नदी की घाटी में इस तरह की क्रिया बड़े पैमाने पर हो रही है।

(iv) प्रपाती छड़ या कैनियन का पीछे हटना (Recession of Canyons)—आग्नेय चट्टान वाले भागों में कई की सध्या में कैनियन होते हैं जिनमें मुख्य कैनियन के कई छोटे-छोटे तथा गहरे सहायक कैनियन भी होते हैं। इन कैनियन के मध्य अवशेष धरातलीय भाग होता है जिनके ऊपर दृढ़ बालुका पत्थर तथा नीचे कमजोर शैल-शैल (Shale) होती हैं। अपक्षय द्वारा मध्य के

चट्टानी भाग कमजोर हो जाते हैं तथा जल में सम्पूत होकर भूमि-स्खलन को प्रेरित करते हैं, जिस कारण बड़े-बड़े टुकड़े टूट कर गिरने लगते हैं तथा मध्यवर्ती अवशिष्ट भाग का ह्रास होने लगता है। फलस्वरूप इस क्रिया के कारण कैनियन निरन्तर पीछे हटते जाते हैं। कभी-कभी ये मिलकर बड़े कैनियन बन जाते हैं।

### पंक-बाह (Mud Flow)

पंक-बाह तथा भूमि-बाह (Earth flow) में मुख्य अन्तर यह है कि प्रथम को देखा जा सकता है तथा द्वितीय इतने सामान्य रूप से होते हैं कि उनका प्रायः अवलोकन नहीं हो पाता है। पंक-बाह में जल की मात्रा भूमि-बाह या अन्य गतियों की अपेक्षा अधिक होती है। पंक-बाह मुख्य रूप से नदियों की घाटियों में दीवारों के सहारे अधिक होता है तथा प्रत्युत्पन्न मलबा घाटी से होकर गिरता है। 1928 में ब्लैक वेल्डर महोदय<sup>1</sup> ने पंक-बाह के लिए चार आवश्यक दशाओं का उल्लेख किया है। 1. ढाल अत्यन्त तीव्र तथा खड़ा होना चाहिए। 2. ऊपरी सतह पर असंगठित पदार्थ होना चाहिए जो कि जल में सञ्चित होने पर गीला होकर सरकने वाला (Slippery) हो जायेगा। 3. जल की पर्याप्त प्रतीति होनी चाहिए। परन्तु यह जल प्रतीति रुक-रुक कर मध्यावकाश के साथ (Intermittent or with intervals) के साथ होनी चाहिए। 4. उस क्षेत्र में वनस्पतियों की नितास्त कमी होनी चाहिए। उपर्युक्त दशाओं को ध्यान में रखते हुए ब्लैक वेल्डर महोदय ने पंक-बाह के लिये शुष्क प्रदेशों को अधिक आदर्श तथा उपयुक्त बताया है, क्योंकि वहाँ पर एक तो वनस्पति का पूर्णतया अभाव होता है तथा दूसरे जल की प्रतीति रुक-रुक कर बड़े अवकाश के बाद ही होती है। जिस घाटी में होकर पंक-बाह होता है उसमें दोनों किनारों पर सम्बन्धित पर-तु पतले-पतले कटक (Ridges) का निर्माण हो जाता है, जिसे शार्प महोदय<sup>2</sup> ने पंक प्राकृतिक बाँध (Mudflow levees) बताया है। शार्प महोदय<sup>3</sup> ने पंक-बाह के तीन प्रकारों में विभक्त किया है 1. अर्धशुष्क भागों का पंक-बाह (Mudflow

1 Blackwelder, Elliot (1928)—Mudflow as a geologic agent in semi-and mountains, Geol. Soc. Am., Bull. 39, pp. 465-480.

2 Sharpe, R. P (1942)—Mudflow levees, J. Geomorph., 5, 55. 222—227.

3 Sharpe, C F S (1938)—Landslides and Related Phenomena, 137 P Columbia University Press, New York.

of semi-arid regions), 2. अल्पाइन पक्-वाह (Alpine mudflow) तथा 3. ज्वालामुखी पक्-वाह (Volcanic mudflow)। होव महोदय<sup>1</sup> ने संयुक्त-राज्य अमेरिका के पश्चिमी कोलोरेडो प्रान्त के विशाल पक्-वाह, "Slungulion Mudflow" का उल्लेख किया है, जिनमे गुन्निसन नदी (Gunnison River) के लेक फोर्क (Lake Fork) को अवरोध कर दिया है तथा क्रिस्टोबल झील (Cristobal Lake) का निर्माण किया है। यह पक्-वाह छ मील तक लम्बा है।

#### अपक्षय का भ्वाकृतिक महत्त्व

##### (Geomorphic Significance of Weathering)

अपक्षय की प्रक्रिया तथा उनके विभिन्न प्रकारों की व्याख्या एवं अपक्षय में प्राप्त भग्न चट्टान-चूर्ण के सामूहिक स्थानान्तरण के बाद हम अपक्षय के विभिन्न भागों का प्रभाव स्यलाकृतियों के विकास पर देखेंगे तथा उनके पाषाणिक महत्त्व की भी व्याख्या उपस्थित की जायेगी। अपक्षय में एक और प्रक्रिया यह गई है, जिसका संक्षिप्त उल्लेख जापुष्पक है, और वह है विशेषक अपक्षय या "अवकल अपक्षय (Differential weathering)"। विशेषक अपक्षय का प्रयोग अपक्षय की उस प्रक्रिया को इंगित करने के लिए किया जाता है, जिसके अन्तर्गत चट्टान का कम-और भाग विघटित तथा वियोजित होकर अलग हो जाता है, परन्तु कठोर भाग (Resistant parts) अवशिष्ट रह जाता है एवं विचित्र स्यलाकृति का निर्माण करता है। इस प्रकार के अपक्षय का एक मात्र कारण चट्टान की बनावट तथा संरचना में भिन्नता का होना है। विशेषक अपक्षय द्वारा विभिन्न स्यलाकृतियों की रचना तभी हो सकती है जबकि अपक्षय द्वारा प्राप्त मलवा (भग्न चट्टान-चूर्ण) का विभिन्न साधनों द्वारा परिवहन तथा स्थानान्तरण हो जाय। यह स्थानान्तरण तथा परिवहन विभिन्न प्रकार के सामूहिक स्थानान्तरण (Mass translocation)—भूमि-सर्पण, भूमि-स्खलन, पक्-वाह, मिट्टी का सर्पण आदि तथा बहते हुए जल द्वारा सम्पन्न होता है। यदि अपक्षय से प्राप्त मलवा का स्थानान्तरण नहीं हो पाता है तो स्यलाकृतियों का निर्माण नगण्य होता है। अब हम अपक्षय के विभिन्न प्रभावों तथा महत्त्व का वर्णन करेंगे।

(i) अपक्षय द्वारा चट्टान-चूर्ण का निर्माण होना—जैसा कि ऊपर बताया जा चुका है कि अपक्षय के विभिन्न

प्रकारों—भौतिक, रासायनिक तथा प्राणिवर्मीय अपक्षय—द्वारा चट्टानों में ढीलापन आ जाता है तथा चट्टान विघटित तथा वियोजित होकर छोटे-छोटे टुकड़ों में टूटती रहती हैं, जिनमें अधिन मात्रा में भग्न चट्टान-चूर्ण का निर्माण होता है। पृथ्वी की ऊपरी सतह में जिन सीमा तक अपक्षय का प्रभाव होता है उसे अपक्षय मण्डल कहते हैं। अपक्षय मण्डल का विस्तार सर्वत्र समान नहीं होता है बल्कि स्थान-स्थान पर अलग-अलग होता है। अपक्षय मण्डल की गहराई दो बातों पर आधारित होती है—प्रथम, जलतल (Water table) की स्थिति तथा द्वितीय, अपक्षय होने का समय। अपक्षय द्वारा उत्पन्न चट्टान-चूर्ण का यावधिक दृष्टि से अधिक महत्त्व होता है। इन्हीं चट्टान-चूर्णों द्वारा मिट्टियों का निर्माण होता है, जो कि कृषि का मुख्य आधार है। चट्टानों के टूट-फूट से कई प्रकार के खनिजों की प्राप्ति हो जाती है, जो कि औद्योगिक दृष्टि से अधिक महत्त्वपूर्ण होते हैं। सिमेंट तथा चूना आदि की प्राप्ति इसी प्रकार में होती है। पहाड़ी भागों में अपक्षय के कारण चट्टानें विघटित हो जाती हैं तथा भूमि-स्खलन के फलस्वरूप चट्टानों के बड़े टुकड़े नीचे गिरते रहते हैं, जिनसे कभी-कभी मानव तथा मानव-आवास को पर्याप्त क्षति होती है। प्रायः इन टुकड़ों द्वारा पहाड़ी भागों में नदियों का मार्ग अवरोध हो जाता है तथा इस प्रकार क्षीनों का निर्माण होता है तथा इस अवरोध के हट जाने के कारण नदियों के निचले भाग में अवतलक बाढ़ (Flash flood) आ जाती है। शीत प्रधान भागों में अपक्षय के कारण हिम के बड़े-बड़े टुकड़े वाहनों में उतर आते हैं, जिसमें जलवाहनों को क्षति उठानी पड़ती है।

(ii) अपक्षय अपरदन के लिये सामग्री प्रदान करता है (Weathering provides ready materials to the process of erosion)—अपक्षय द्वारा चूँकि चट्टानें ढीली तथा कमजोर हो जाती हैं, अतः इन्हीं अपरदन का कार्य आसान हो जाता है क्योंकि अपरदन के विभिन्न साधन—आर्द्र प्रदेशों में बहता जल, उष्ण एवं शुष्क मह-स्थलीय भागों में वायु, शीत प्रधान प्रदेशों में हिमानी तथा सामग्रीय तटों के किनारे पर मायरीय लहरें—इन विघटित चट्टानों को आसानी से काट कर अपने माय वहाँ ले जाते हैं। इतना ही नहीं, जब अपक्षय से प्राप्त पदार्थों का अपरदन के कारणों द्वारा परिवहन होता है तो ये पदार्थ

आपस में टकरा कर तथा तबी की कुरेद कर अपरदन के कार्य में सक्रिय सहयोग देते हैं। यहाँ तक कि अपरदन के समय (बहते जल द्वारा) भी रासायनिक अपक्षय होता रहता है, जिससे नदी-घाटी के किनारे की चट्टानें विघटित होकर टूट कर जल के साथ हो लेती हैं।

(iii) अपक्षय द्वारा धरातल का नीचा होना (Lowering of surface by weathering)—अपक्षय के विभिन्न माधनों द्वारा चट्टानों में टूट-फूट होती रहती है तथा प्राप्त चट्टान-चूर्ण का अन्यत्र स्थानान्तरण होता रहता है। फलस्वरूप धरातलीय सतह धीरे-धीरे नीचे होती रहती है। चूने के क्षेत्रों में यह क्रिया अधिक सक्रिय रहती है। आर्द्र भागों में चूने की चट्टान वाले भागों में जल की रासायनिक क्रिया द्वारा चट्टान धुल कर जल के साथ मिलती रहती है तथा सतह की ऊँचाई में ह्रास होने लगता है, परन्तु यह क्रिया केवल आर्द्र भागों में ही होती है। उष्ण एवं शुष्क भागों में चूने का पत्थर एक अवरोधक चट्टान का कार्य करता है क्योंकि यहाँ पर यांत्रिक या भौतिक अपक्षय हाता है तथा रासायनिक अपक्षय नगण्य होता है।

(iv) स्थलाकृतियों का निर्माण तथा उनमें परिवर्तन (Evolution of landforms and their modification)—पृथ्वी अपक्षय द्वारा निमित्त स्थलाकृतियाँ उत्पन्न महत्त्वपूर्ण नहीं होती हैं जितनी की अपरदन द्वारा उत्पन्न स्थलाकृति। तथापि जो कुछ भी स्थलाकृतियों का निर्माण होता है वे विशेषक अपक्षय (Differential weathering) के ही परिणाम होती हैं। इनका कार्य दो रूपों में होता है। एक तो विभिन्न संरचना वाली चट्टानों में समजोर चट्टान व अपक्षय के हो जाने से पत्थर चट्टान ऊपर निकली रहनी है तथा विभिन्न रूपों में दृष्टिगोचर होती है। दूसरे रूप में अपक्षय से प्राप्त मनुष्य के स्थानान्तरण के समय पूर्व स्थित स्थलाकृतियों के रूप में परिवर्तन होता है तथा डालों पर कुछ गड्ढों का निर्माण हो जाता है। विशेषक अपक्षय के तो कुछ ऐसे प्रत्युत्पन्न परिणाम होते हैं कि उनको स्थलाकृति में कह कर भूमध्य ज्ञाति कहना ही अधिक उपयुक्त होगा। उदाहरण के लिए—जाँतीदार पत्थर (Stone lattice) छत्तेदार शैल (Honeycombed Rocks) आदि। इसी प्रकार चट्टानों की दीवारों में विघटित पदार्थ जब निकल कर अलग हो जाता है तो दीवार में छोटे-छोटे खोखले स्थान (Hollow places) तथा ताँचे (Niches) बन जाते हैं। इसके विपरीत कुछ भाग बाहर की तरफ निकलने हुए होते हैं

जैसे शैलफलक (Ledges) इत्यादि। चूने की चट्टान वाले भागों में रासायनिक अपक्षय के कारण विघटित पदार्थों के निकल जाने से गर्त (Pit) का निर्माण होता है जो कि नदियों द्वारा निमित्त जलमयिका (Pot holes) के समान होता है। ग्रेनाइट की चट्टानों में अपक्षय गर्त प्रायः गोलाकार या अण्डाकार होते हैं जिनका व्यास 10 से 40 फीट तक हुआ करता है। संयुक्त राज्य अमेरिका के दक्षिणी कैरोलिना प्रान्त के दक्षिणी पीडमण्ट (Piedmont), जॉर्जिया, बीयर पर्वत (Bear Mountain), न्यूयार्क तथा योसेमाइट नेशनल पार्क (Yosemite National Park) में इसी प्रकार के अपक्षय गर्त (Weathering pits) मिलते हैं। अधिक ऊँचाई पर पर्वतीय भागों में जब विदीर्ण चट्टानों (Split rocks) का संचय हो जाता है तो उसे गोलाग्रम पुंज (Felsemceere) कहते हैं। वास्तव में इनमें से अधिकांश गोलाग्रम (Boulder) का एकत्रीकरण चट्टानों के अपक्षय (Exfoliation of domes) से प्राप्त चट्टान-चूर्णों से होता है। अपक्षय द्वारा चट्टानों के विघटित एवं विघटित होकर टूटते रहने से बिलक (Cliff) तथा बगार (Scarp or Escarpment) पीछे की तरफ हटते रहते हैं। यहाँ पर उत्प्रेक्षणीय है कि अपक्षय व साथ उनके पदार्थों के सामूहिक स्थानान्तरण का भी स्थलाकृतियों के निर्माण तथा परिवर्तन में सहयोग रहता है। वास्तव में जब शैल की संरचना कमजोर तथा कठार चट्टानों से हुई रहती है तो मुलायम चट्टान के अपक्षय के बाद बगार या एस्कापमेंट का निर्माण होता है तथा इसे अपक्षय कगार (Weathering escarpment) कहते हैं। यहाँ पर यह उत्प्रेक्षणीय है कि अपक्षय कगार के निर्माण में केवल अपक्षय का ही हाथ नहीं रहता है वरन् सामूहिक स्थानान्तरण (Mass translocation), चाँदर धुलन (Sheet wash) तथा नदी द्वारा अपरदन का भी सहयोग रहता है। अतः अपक्षय कगार नाम भ्रांतिसमूहक है। इसी तरह विभिन्न स्वभाव वाली चट्टानों के स्थान पर विशेषक अपक्षय के कारण मुलायम चट्टान के अपक्षय के बाद हागबैक कटक (Hogback ridges) शूकर बटक) का निर्माण होता है।

विशेषा अपक्षय द्वारा उत्पन्न अवदलित गुम्बद (Exfoliation domes) एवं महत्त्वपूर्ण स्थलाकृति है। ग्रेनाइट की विस्तृत चट्टान में अपक्षय के कारण परत के बाद परत के उधड़ते रहने से 'अपक्षय निमित्त अवदलित गुम्बद' का निर्माण होता है। योसेमाइट घाटी (Yosemite Valley) के महान गुम्बद (Great



Domes), रायोडिजीनेरो (ब्राजील—Rio de Janeiro) का शगर लोफ गुम्बद (Sugar Loaf Dome), जाजिया (संयुक्त राज्य अमेरिका) का स्टोन पर्वत, भारत में रांची पठार पर रांची शहर के पास रुक्मिणी गुम्बद तथा पिथौरिया ग्राम के पास मुढ़ा पर्वत अपदलन गुम्बद के उदाहरण हैं। समस्त छोटानागपुर पठार पर इस तरह के अपदलन गुम्बद के अनेक उदाहरण मिलते हैं आदि अपदलन गुम्बद के ही रूप हैं।

विशेषक अपक्षय द्वारा डाइक कटक (Dike ridges) का भी निर्माण होता है। जहाँ पर डाइक की चट्टान समीपवर्ती शैल से अधिक कठोर तथा अवरोधक होती है, वहाँ पर समीपवर्ती कमजोर चट्टानों के अपक्षय के कारण उसका भाग स्थानान्तरित हो जाता है तथा डाइक का ऊपरी भाग एक कटक के रूप में दृष्टिगत होता है। कुछ विद्वानों ने लावा-निर्मित धरातलीय भागों में मेसा (Mesa) तथा बूटो (Buttes) के निर्माण का प्रमुख कारण विशेषक अपक्षय (Differential weathering) ही बताया है परन्तु यह स्मरणीय है कि इनके निर्माण में नदियों के बहते जल का योगदान अधिक रहता है। अपक्षय में प्राप्त मलबा (Rock waste) के स्थानान्तरण तथा उनके जमाव में कई प्रकार की स्थलाकृतियों का

निर्माण होता है, जैसे टालस शंकु (Talus cone), टालस पंख (Talus fans) आदि तथा इन पदार्थों के ढान के महारे सर्पण (सरकना) के समय वेदिकाओं की रचना होती है।

इस प्रकार यदि देखा जाय तो अपक्षय तथा विशेषक अपक्षय स्वतन्त्र रूप में उच्च पर्वत-चोटियों के निर्माण तथा परिवर्तन से लेकर चट्टान-चूर्ण के मचयन तथा जमाव में उत्पन्न स्थलाकृतियों का निर्माण करते हैं। वास्तव में विशेषक अपक्षय के कारण कठोर शैल-भाग मरुह पर उच्चावच के रूप में प्रकट हो जाते हैं। उप-सहारा के रूप में यह कहा जा सकता है कि उपर्युक्त स्थलाकृतियों का निर्माण केवल विशेषक अपक्षय द्वारा सम्पन्न हुआ है, बताना कठिन है क्योंकि विशेषक अपक्षय शायद ही अन्य अपरदन के साधनों से भलग होकर कार्य करता हो तथा स्वतन्त्र स्थलाकृतियों के निर्माण में समर्थ हो। वास्तव में अपक्षय तथा अपरदन द्वारा उत्पन्न स्थलाकृतियों में यह विभेद करना कठिन हो जाता है कि कितना कार्य अपक्षय ने किया है तथा कितना अपरदन ने। इतना अवश्य है कि साधारण स्थलाकृतियों के परिवर्तन तथा निर्माण में विशेषक अपक्षय का महत्त्व कम नहीं है।

# अपरदन-चक्र की संकल्पना तथा गतिक संतुलन सिद्धान्त

(The Concept of Cycle of Erosion and Dynamic Equilibrium Theory)

**अपरदन (Erosion)**—भूपटल पर परिवर्तन लाने वाली तथा विभिन्न स्थलाकृतियों को जन्म देने वाली प्रक्रियाओं में तीन प्रमुख हैं। इनका सामूहिक कार्य भूपटल के उच्चावच में क्षय उत्पन्न करता होता है। क्षयकारी शक्तियों में अपक्षय (Weathering), अपरदन तथा अनाच्छादन (Denudation) प्रमुख हैं, जिनमें प्रथम को स्थैतिक क्रिया (Static Process) तथा अन्तिम दो को गतिशील शक्तियाँ कहते हैं। अपक्षय का पिछले अध्याय में विशद रूप में वर्णन किया जा चुका है। अपरदन के अन्तर्गत चट्टानों को सोड़ने-फोड़ने से लेकर प्राप्त चट्टान-चूर्ण के परिवहन को भी सम्मिलित किया जाता है। अर्थात् अपरदन की क्रिया गतिशील होती है। अपरदन शब्द लैटिन भाषा के 'Erodere' शब्द से लिया गया है जिसका शाब्दिक अर्थ घुसना होता है। अपरदन शब्द का प्रयोग उस क्रिया के लिए किया जाता है जिसके अन्तर्गत विभिन्न गतिशील शक्तियाँ विभिन्न रूपों में चट्टानों से उनके मलबा को अलग करके दूर तक ले जाती हैं। अपरदन की विभिन्न शक्तियाँ अपक्षय द्वारा तैयार चट्टान-चूर्ण को अपने साथ लेकर एक स्थान से दूसरे स्थान पर पहुँचाती रहती हैं। ये चट्टानी टुकड़े दो रूपों में अपरदन का कार्य करते हैं। प्रथम तो अपने में ही टकराकर टूटते-फूटते रहते हैं तथा दूसरे, ये सम्पर्क में आने वाले धरातल को खुरचते रहते हैं। इस कथन से यह भ्रांति हो सकती है कि अपरदन के लिए अपक्षय की क्रिया का होना आवश्यक है जहाँ में अपरदन के लिए चट्टान-चूर्ण मिल जाते हैं। परन्तु वास्तव में यह सत्य नहीं है। दो प्रक्रियाएँ विलकुल एक दूसरे से भिन्न हैं। अपक्षय के बाद आवश्यक नहीं कि अपरदन हो। अर्थात् बिना अपरदन के अपक्षय सम्पन्न हो सकता है

तथा अपरदन के लिए यह आवश्यक नहीं है कि उनके पहने अपक्षय हो चुका हो नाकि आवश्यक पदार्थ मिल सकें। दोनों क्रियाएँ अलग-अलग भी कार्य कर सकती हैं तथा साथ-साथ भी। प्रोफेसर धर्नबरी के शब्दों में "यह सत्य है कि अपक्षय अपरदन के लिए एक प्रारम्भिक प्रक्रिया है तथा यह अपरदन को आसान बना सकता है परन्तु न तो यह पूर्वकाशित हो है न आवश्यक रूप से अपरदन द्वारा अनुसरित होता है।"<sup>1</sup>

अनाच्छादन के अन्तर्गत अपक्षय तथा अपरदन दोनों क्रियाओं को सम्मिलित किया जाता है।

अपरदन की परिभाषा के विषय में मतभेद है। कुछ विद्वान अपरदन के अन्तर्गत चट्टानों से पदार्थों के अलग करने की क्रिया को ही सम्मिलित करते हैं तथा परिवहन को अपरदन से अलग करते हैं। परन्तु अधिकांश भूगर्भवेत्ता तथा भू-आकृति विज्ञान के वेत्ता परिवहन को अपरदन का अभिन्न भाग मानते हैं। इस प्रकार अपरदन की निम्न परिभाषा प्रस्तुत की जा सकती है ✓

अपरदन वह क्रिया है जिसके अन्तर्गत अपरदन के विभिन्न साधन (नदी, वायु, हिमानी, परिहिमानी सागरीय सहरें तथा भूमिगत जल) भूपटल से चट्टानी मलबा को अलग करके उन्हे अपने साथ परिवहन द्वारा दूर तक ले जाते हैं।"<sup>2</sup>

इस प्रकार क्षर्पण, क्षरण तथा परिवहन का सम्मिलित नाम ही अपरदन है।<sup>3</sup> अपरदन की ममस्त प्रक्रिया में तीन कार्यों को सम्मिलित किया जाता है।

1. अपक्षय द्वारा तैयार चट्टान-चूर्ण का ग्रहण करना।

1. It is true, of course, that weathering is a preparatory process and make erosion easier, but it is not prerequisite to nor necessarily followed by erosion —Thornbury, William D., Principles of Geomorphology, Page 37, (1954)
2. "Erosion is that process in which various erosive agents (running water-river wind, glacier periglacial, sea waves and underground water) obtain and remove rock debris from the earth's crust and transport them for long distance."
3. Erosion is a sum total of gnawing, abrasion and transportation.

2. प्राप्त मलवा का एक स्थान से दूसरे स्थान पर परिवहन। यह परिवहन या पदार्थों का स्थानान्तरण मुख्य रूप से बढ़ते हुए जन, वायु हिमानी आदि द्वारा बड़े पैमाने पर होता है।

3. परिवहन या स्थानान्तरण के समय चट्टानों के टुकड़े आपस में टकराकर तथा गड गड कर छोटे-छोटे कणों में टूट कर बंद होने रहते हैं। इनका ही नहीं यह घनकण मार्ग में आने वाली चट्टान को भी काटना, खरोचता तथा नुस्तेता हुआ अग्रसर होता है। उन प्रकार चट्टान-पूर्ण स्वयं अपरदन के निचे जीर्णार का कार्य करते हैं तथा मार्ग में आने वाली चट्टानों पर तरह-तरह में अपरदन करते रहते हैं। अपरदन की मात्रा, अपरदन के साधन चट्टान के मजबूत तथा सख्तता, चट्टान-पूर्ण तथा समय पर आधारित होती है।

अपरदन के कारक (Agents of Erosion)—अपरदन में भाग लेने वाली शक्तियों को अपरदन के साधन या कारक कहते हैं। ये विभिन्न प्रकार के होते हैं तथा यह आवश्यक नहीं है कि अपरदन के सभी कारक समान रूप में तथा समान गति से अपरदन का कार्य करें। अपरदन के कारकों में बहुत हुए जल (नदी) का कार्य सर्वाधिक महत्वपूर्ण है क्योंकि इसमें बड़ा बल की पर्याप्त सामर्थ्य होती है। पर्वत प्रत्येक नदी जल-अलग, भिन्न-भिन्न रूप में अपरदन करती है तथा यह अपरदन नदी में जल की मात्रा, ढाल व स्वरूप तथा नदी के साथ चलने वाले पदार्थों पर आधारित होता है। अपरदन के कारकों को निम्न रूप में वर्गीकृत किया जा सकता है।

- (i) बहता हुआ जल (नदी)।
- (ii) भूमिगत जल।
- (iii) सागरीय लहरें, सागरीय धाराएँ तथा ज्वार-भाटा।
- (iv) पवन।
- (v) हिमानी।
- (vi) परिहिमानी प्रक्रम।

अपरदन के प्रकार (Types of Erosion)—अपरदन की क्रिया कई रूपों में होती है। यद्यपि विभिन्न अपरदन के कारकों द्वारा अपरदन भिन्न-भिन्न रूपों में होता है तथापि कुछ क्रियाएँ सभी में सामान्य (Common) होती हैं। यहाँ पर अपरदन की इन सामान्य क्रियाओं का संक्षिप्त उल्लेख किया जा रहा है—

1. घोलोकरण या संभारण (Solution or Corrosion)—घोलोकरण का कार्य मुख्य रूप में जल द्वारा होता है। वास्तव में यह बहते हुए जल का रासायनिक कार्य होता है जिसमें अन्तर्गत जल के मण्डक में आने वाली चट्टानों के घुलनशील खनिज तथा कम घुलकर चट्टान में अलग होकर जल के साथ मिल जाते हैं। भूमिगत जल, माथरीय तरंग तथा नदी के बहते हुए जल द्वारा घोलोकरण का कार्य अधिक होता है।

2. अपघर्षण (Abrasion or Corrasion)—अपरदन के कारक के साथ कुछ बड़े-पत्थर आदि भी चलते हैं। इन पदार्थों द्वारा मण्डक में आने वाली धूल के घर्षण की क्रिया का अपघर्षण कहते हैं। अपघर्षण का कार्य मुख्य रूप से नदियों द्वारा ही सम्पन्न होता है। नदी के जल के साथ बड़े प्रकार के गोलाकर्म (Boulders) बल-पथक के टुकड़े तथा निक्षेप-कण आदि चलते हैं। उन पदार्थों का छेदन यंत्र (Drilling tools—छेद करने वाले यन्त्र मशीन की तरह) कहते हैं जो कि नदी की घाटी में लम्बवत तथा समानान्तर दो रूपों में अपघर्षण करते हैं। उपर्युक्त चट्टानों टुकड़े प्रथम रूप में जल के साथ मिलकर नदी की घाटी के दोनों पार्श्वों (Sides—बिनागों) का गड-गड कर कुण्ड कर घटित करते हैं। इन क्रिया का शैलिक या समानान्तर अपघर्षण कहते हैं। दूसरे रूप में ये पदार्थ नदी की तली में घर्षण द्वारा काट-छाट करते उसे गहरा करत हैं। इस क्रिया को लम्बवत अपघर्षण कहा जाता है। नदी के घेरे में लम्बवत अपघर्षण द्वारा निर्मित जल-यंत्रिका (Pot holes) एक महत्वपूर्ण स्थलाकृति है। यह कार्य हिमनदी द्वारा भी सम्पन्न होता है। हिमनदी के प्रवाह के समय चट्टानों के बड़े-बड़े टुकड़े हिमनदी की घाटी को कुण्डने तथा चिकना करते हुये चलते हैं।

3. जलपति क्रिया (Hydraulic Action)—जलपति क्रिया केवल जल द्वारा बिना किसी अन्य सामग्री की सहायता के सम्पन्न होती है। इसके अन्तर्गत जल यांत्रिक दृष्टि में मार्ग में पड़ने वाली चट्टानों के कणों को टोका बनाकर तथा उसे हटाकर अपने साथ लेकर बहता है।

4. रगड़ या सन्निघर्षण (Attrition) अपरदन के कारकों द्वारा परिवहन के साथ कई प्रकार के बड़े, पत्थर चलते रहते हैं। उनका अपरदन सम्बन्धी दो प्रकार का कार्य होता है। एक तो मार्ग में आने वाली चट्टानों का अपघर्षण। इसका पहलू ही उल्लेख किया

जा चुका है। दूसरे यह है कि ये टुकड़े आपस में टकरा खाकर टूटते-फूटते रहते हैं। इस प्रकार की घर्षण या रगड़ द्वारा टुकड़ों के टूटने की क्रिया को रगड़ या सन्निघर्षण कहते हैं। इस क्रिया द्वारा टुकड़े टूटते हैं उनका आकार बदलता रहता है, खासकर गोलाकार होता जाता है। इस प्रकार से प्राप्त पदार्थ और अधिक महीन हो जाते हैं जिनका परिवहन आसानी से हो जाता है। रगड़ कम महत्वपूर्ण नहीं है। सिकता कणों (Sands) का निर्माण मुख्य रूप से रगड़ की क्रिया द्वारा ही होता है।

**5 उड़ाव की क्रिया (Deflation)**—उड़ाव की क्रिया मुख्य रूप से वायु द्वारा सम्पन्न होती है। अपरदन अपक्षय (Exfoliation weathering) के कारण मरस्थलीय भागों में चट्टानों की परतें ढीली हो जाती हैं, जिन्हें तीव्र पवन उधेड़ कर अपने साथ उड़ा ले जाती है। यह क्रिया उसी तरह होती है जैसे कि फल से छिलके उतारने की क्रिया। इसी प्रकार भौतिक अपक्षय द्वारा विखण्डित पदार्थों को पवन अपने साथ उड़ाकर अन्यत्र ले जाती है। मरस्थलीय भागों में रेत की परत का उड़ाव अधिक सक्रिय होता है। इस प्रकार उड़ाव की क्रिया के कारण चट्टानें निरन्तर उधेड़ कर नग्न होती रहती हैं।

**अपरदन-चक्र (Cycle of Erosion)**

**सामान्य परिचय**—अपरदन चक्र की मकल्पना की प्रतिपादन सर्वप्रथम अमेरिका के प्रसिद्ध भूगोल वेत्ता डेविस् महोदय ने उन्नीसवीं शताब्दी के अन्तिम दशक में किया। डेविस् ने अनुसार किसी भी स्थलाकृति का निर्माण तथा विकास एक ऐतिहासिक क्रम के अनुसार होता है जिसके अन्तर्गत उस विशेष स्थलरूप को कई अवस्थाओं से होकर गुजरना पड़ता है। अर्थात् स्थलरूप का ऐतिहासिक जीवन होता है जो चक्रीय रूप में सम्पन्न होता है। पृथ्वी के अन्तर्गत दो प्रकार की शक्तियाँ होती हैं। एक बहिर्जात शक्ति है जो कि समतल स्थापक होती है तथा दूसरी अन्तर्जात या आन्तरिक शक्ति है जो कि स्थल के ऊपर विपमता उत्पन्न करने में निरन्तर सक्रिय रहती है। अतः स्पष्ट है कि अन्तर्जात शक्तियों का बहिर्जात शक्तियों विरोध रहती है। अन्त-

र्जात शक्तियों द्वारा घरातल पर दो स्थानों में विपमता का आविर्भाव होता है—घरातलीय उत्थान द्वारा जैसे पर्वत, पठार या पहाड़ियों आदि तथा घरातलीय भाग के अवतरान या घटसकने से जैसे झीलें, गड्ढे आदि का निर्माण। अन्तर्जात शक्ति द्वारा जैसे ही घरातल के उत्थान द्वारा विपमता आती है वैसे ही उस पर समतल स्थापक शक्तियाँ अपना कार्य प्रारम्भ कर देती हैं। समतल स्थापक शक्तियों में प्रमुख हैं नदी या बहता हुआ जल, भूमिगत जल, पवन, हिमनद तथा मागरीय तरंगें। ये शक्तियाँ अपक्षय तथा अपरदन की क्रियाओं द्वारा उठे हुये भाग न काट-छाट करना प्रारम्भ कर देती हैं। इसी बीच स्थित पदार्थों का इनके द्वारा परिवहन तथा अन्यत्र निक्षेप भी होता रहता है। एक लम्बे समय तक यह अपक्षय अपरदन, परिवहन तथा निक्षेपण चलता रहता है तथा एक समय ऐसा आता है जब कि ऊँचा उड़ा हुआ भाग कट कर अपने भौतिक रूप में आ जाता है तथा समतल प्राप्त हो जाता है। समतल होने की यह क्रिया कई अवस्थाओं से होकर सम्पन्न होती है। इस प्रकार उस समय तथा विभिन्न अवस्थाओं के सम्मिलित रूप को जिससे होकर ऊँचा भाग अपक्षय तथा अपरदन द्वारा समतल रूप में परिवर्तित हो गया है, अपरदन-चक्र कहते हैं। इस अपरदन-चक्र को डेविस् महोदय ने भौगोलिक-चक्र (Geographic cycle) नाम दिया है। डेविस् ने भौगोलिक चक्र की परिभाषा निम्न रूप में द्यत की है।

“भौगोलिक चक्र समय की वह अवधि है जिसके अन्तर्गत एक उभरा या उत्थित भूखण्ड अपरदन की प्रक्रिया द्वारा एक आकृति बिहीन समतल मैदान में परिवर्तित हो जाता है”।<sup>1</sup>

वरसेस्टर महोदय ने भी डेविस् के भौगोलिक चक्र की भावना प्रदान की है परन्तु आप इसे भौगोलिक चक्र न कहकर अपरदन-चक्र कहना ही अधिक उपयुक्त समझते हैं। वरसेस्टर ने भी अपरदन चक्र को एक अवधि माना है जिसके अन्तर्गत विभिन्न अवस्थाओं में अपरदन के चारक जैसे उठे हुए भू-भाग को काट-छाट करके निम्न समतल भूमि में परिवर्तित कर देते हैं।<sup>2</sup> अर्थात्

- 1 'The Geographic cycle is the period of time during which an uplifted land mass undergoes its transformation by the process of land sculpture ending in low featureless plain'—W. M. Davis
- 2 'The cycle of erosion is the time required for streams to reduce newly formed land mass to base level'—P. G. Worcester.

अपरदन चक्र एक समय होता है जिसके अन्तर्गत नदियाँ नवीरित भूखण्ड को काट कर उसे आध्यान्तन के बराबर बना देती हैं। चूँकि नदियाँ भूतल पर अपरदन द्वारा मर्मतल स्थापक शक्तियों में सर्वप्रमुख हैं, अतः नदी द्वारा सम्पादित अपरदन-चक्र को "अपरदन का सामान्य चक्र" (Normal cycle of erosion) कहा जाता है।

"अपरदन-चक्र" तथा "भ्वाकृतिक चक्र" (Geomorphic cycle) के मध्य अन्तर स्थापित करना आवश्यक है। जैसा कि ऊपर बताया जा चुका है कि अपरदन-चक्र एक समय होता है परन्तु अपरदन-चक्र के समय उत्पन्न स्थलाकृति या दृश्यभूमि को भ्वाकृतिक चक्र कहा जाता है। बरसेस्टर महोदय ने स्पष्ट रूप में लिखा है कि—"भ्वाकृतिक चक्र स्थलाकृतिक होता है, जो कि अपरदन-चक्र के समय विभिन्न अवस्थाओं में निमित्त होती है।"<sup>1</sup> डेविस महोदय ने स्थलाकृतिक के निर्माण तथा विकास के विषय में कई कारकों का उल्लेख किया है तथा बताया है कि—"कोई दृश्यभूमि, सरचना, प्रक्रम तथा अवस्था का परिणाम या प्रतिफल होती है"। डेविस महोदय ने अपने भौगोलिक चक्र का विषद उल्लेख किया है तथा उसकी विशेषताओं की सुस्पष्ट व्याख्या प्रस्तुत की है। भौगोलिक चक्र की समाप्ति का प्रमुख लक्षण डेविस ने समप्राय मैदान (Peneplain) तथा मोनाडनाक की स्थिति को बताया है। यद्यपि 'समप्राय मैदान की संकल्पना' के विषय में विद्वानों में पर्याप्त मतभेद है तथापि संक्षेप में यह कहा जा सकता है कि जब ऊँचे उठे भाग का इतना कटाव हो जाता है कि वह भाग अपरदन के आधारतल को प्राप्त होकर एक निम्न समतल भाग में बदल जाता है जिसमें "तत्तल कुछ छोटी-छोटी ऊँची भूमि, जिसे मोनाडनाक कहते हैं, अवशिष्ट रह जाती हैं, तो उस निम्न समतल भूमि को समप्राय मैदान या पेनोप्लेन कहा जाता है।"

अपरदन-चक्र के "प्रारम्भिक स्थल-भाग" का रूप कई प्रकार का हो सकता है तथा उसकी सरचनात्मक बनावट भी विभिन्न हो सकती है। साधारण रूप में अपरदन चक्र का प्रारम्भ किसी भी स्थलभाग के उत्थान के साथ या बाद माना जाता है। वास्तव में स्थलभाग का उत्थान इतनी तीव्र गति से होता है कि उस समय अपरदन का उस पर प्रभाव अधिक महत्वपूर्ण नहीं हो पाता

है। जब उत्थान समाप्त हो जाता है तो अपरदन के साधन (यहाँ पर नदी का उदाहरण लिया जा रहा है) अर्थात् नदी द्वारा कटाव प्रारम्भ हो जाता है। प्रारम्भिक अवस्था में निम्न कटाव तथा नदी की घाटी का महत्ता होना अधिक सक्रिय रहता है। तदनन्तर नदी की घाटी के चौड़ा होने की अवस्था आती है। ऐसे अपरदन चक्र की दूसरी अवस्था कहते हैं। अन्तिम अवस्था में नदी द्वारा निक्षेपण कार्य अधिक सक्रिय होता है तथा धरा-तलीय विषमताओं का नोप हो जाता है एवं उत्थित भाग एक समप्राय मैदान के रूप में बदल जाता है। इससे स्पष्ट है कि अपरदन-चक्र तीन अवस्थाओं में होकर पूर्ण होता है। अपरदन-चक्र की इन अवस्थाओं की तुलना मानव-जीवन की तरणावस्था, प्रौढावस्था तथा जीर्णावस्था से की जाती है।

1 तरणावस्था—पृथ्वी के धरातल पर उभरे हुए भाग पर न्यूनतम विषमताएँ होती हैं, परन्तु नदी के उदाहरण में घाटी का निम्न कटाव अधिक सक्रिय रहता है।

2 प्रौढावस्था—अपरदन की सक्रियता स यद्यपि उभरा हुआ भाग नीचा होता है परन्तु धरातलीय विषमताएँ बढ़ती जाती हैं। नदी द्वारा घाटी का विस्तार होता है तथा नदी चौड़ी घाटियों से होकर प्रवाहित होती है। इस अवस्था में सर्वाधिक उच्चावच होता है।

3 जीर्णावस्था—अपरदन द्वारा उठा हुआ भाग कट कर समीपस्थ भागों के बराबर हो जाता है तथा विषमताएँ घट जाती हैं। यहाँ तक कि कुछ मोनाडनाक को छाड़कर समस्त भाग एक समप्राय मैदान बन जाता है।

अपरदन-चक्र की समाप्ति पर चट्टान की सरचना (Structure) का भी पर्याप्त असर होता है, क्योंकि चट्टानें बठोर कोमल घुलनशील एवं अधुलनशील तथा प्रवेश्य या पारगम्य (Pervious) एवं अप्रवेश्य या अपारगम्य (Impervious) हो सकती हैं। इस प्रकार कोमल चट्टान वाले भाग में अपरदन-चक्र, कड़ी चट्टान वाले भाग की अपेक्षा पहले पूर्ण हो सकता है। इसी तरह अपरदन-चक्र का स्वभाव उसमें भाग लेने वाले प्रक्रम (Process) अर्थात् अपरदन के कारकों (नदी हिम नदी, पवन, सागर-तरंग तथा भूमिगत जल) के अनुसार

निर्णीत होता है। विभिन्न प्रक्रम द्वारा सम्पन्न अपरदन-चक्र भिन्न भिन्न होते हैं अर्थात् अपरदन का सामान्य चक्र, "पथक अपरदन चक्र", "सागरीय तरंग-अपरदन चक्र" (Wave cycle of erosion) आदि। इसी आधार पर 'भूवास्तविक चक्र' भी भिन्न-भिन्न होता है। डेविस महोदय ने तो मभी प्रक्रमों द्वारा भौगोलिक चक्र तथा भूवास्तविक चक्र का उल्लेख किया है। यहाँ तक कि पवन द्वारा भी भूवास्तविक चक्र (Wind geomorphic cycle) का उल्लेख किया है अर्थात् डेविस ने अपने "भौगोलिक चक्र" सिद्धान्त को प्रत्येक प्रकार के स्थलरूप के निर्माण में लागू किया है यद्यपि यह मत मान्य नहीं है, क्योंकि सर्वत्र यह सही अर्थ नहीं दे पाता है। मेल्डियर (1950) ने परिहिमानी अपरदन-चक्र की सकल्पना का भी प्रतिपादन कर डाला है।

उपर्युक्त विवरण से यह स्पष्ट हो गया है कि स्थल-रूप का जन्म अपरदन का ही प्रतिफल है। जैसे ही स्थल खण्ड, मागरी तल से ऊपर उठता है, उस पर अपरदन प्रारम्भ हो जाता है। इस प्रकार अपरदन तथा स्थलरूप का जन्म एक विकास साध-माध चलते हैं। प्रायः सभी विद्वान् अपरदन चक्र की शुरुआत, स्थल-भाग में उत्थान के साथ करते हैं परन्तु अपरदन तथा उत्थान के वास्तविक सम्बन्ध में कई परस्पर विरोधी मतों का उल्लेख किया गया है। अपरदन-चक्र के विषय में दो तथ्यों का उल्लेख आवश्यक है। 1. उत्थान एवं अपरदन का सम्बन्ध अर्थात् अपरदन के कार्य की अवस्था तथा 2. अपरदन-कार्य का परिमाण (Degree of performance)।

उत्थान एवं अपरदन चक्र (Upliftment and cycle of erosion)—यह अवश्य निश्चित है कि अपरदन-चक्र का प्रारम्भ किसी भी भूखण्ड के उत्थान के साथ होता है, परन्तु विवाद इस बात पर है कि उत्थान तथा अपरदन का वास्तविक सम्बन्ध क्या है? कई मतवाला जिन जा सकते हैं, क्या उत्थान तथा अपरदन साध-माध चलते हैं? या उत्थान के बाद अपरदन प्रारम्भ होता है? क्या उत्थान तथा अपरदन अन्त तक अर्थात् चक्र की समाप्ति तक चलते हैं? या उत्थान पहले ही समाप्त हो जाता है? इसी प्रकार की कई समस्याएँ उठती हैं। डेविस महोदय के अनुसार जब स्थल का उत्थान समाप्त हो जाता है तब अपरदन प्रारम्भ होता है परन्तु वास्टर पेन्क के अनुसार स्थल का उत्थान तथा अपरदन साध-माध प्रारम्भ होते हैं परन्तु बीच में उत्थान समाप्त

हो जाता है। उपर्युक्त तथ्यों को ध्यान में रखकर उत्थान तथा अपरदन के कई संयोग (Combinations of upliftment and erosion) का उल्लेख किया जा सकता है।

(i) उत्थान के पूर्णतया समाप्त हो जाने पर अपरदन प्रारम्भ होता है।

प्रारम्भ—..... अन्त (डेविस)  
उत्थान अपरदन

(ii) उत्थान तथा अपरदन साथ साथ प्रारम्भ होते हैं तथा अपरदन चक्र की समाप्ति तक चलते हैं।

उत्थान  
प्रारम्भ—..... अन्त  
अपरदन

(iii) उत्थान तथा अपरदन साथ-साथ प्रारम्भ होते हैं परन्तु कुछ समय बाद उत्थान समाप्त हो जाता है तथा केवल अपरदन होता है।

उत्थान  
प्रारम्भ—..... अन्त ? (वेन्क)  
अपरदन

(iv) उत्थान के पहले अपरदन प्रारम्भ होता है तथा कुछ समय बाद उत्थान होता है। तदनन्तर उत्थान एवं अपरदन दोनों चक्र की समाप्ति तक साथ-साथ चलते हैं।

उत्थान  
प्रारम्भ—..... अन्त ?  
अपरदन

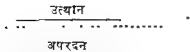
(v) प्रारम्भ में केवल उत्थान होता है तथा कुछ समय बाद अपरदन प्रारम्भ होता है। तदनन्तर अपरदन तथा उत्थान चक्र की समाप्ति तक चलते हैं।

उत्थान  
प्रारम्भ—..... अन्त ?  
अपरदन

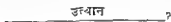
(vi) उत्थान तथा अपरदन दोनों एक साथ प्रारम्भ होते हैं परन्तु कुछ समय बाद अपरदन समाप्त हो जाता है तथा उत्थान चक्र की समाप्ति तक चलता है। (परन्तु ऐसी दशा में चक्र की समाप्ति संभव हो सकती है?)।

उत्थान  
प्रारम्भ—..... ?  
अपरदन

(vii) अपरदन प्रारम्भ में चक्र की समाप्ति तक चलता है परन्तु उत्थान अपरदन के बाद प्रारम्भ होता है तथा चक्र की समाप्ति के पहले ही समाप्त हो जाता है।



(viii) उत्थान प्रारम्भ में चक्र की समाप्ति तक चलता है परन्तु अपरदन उत्थान के बाद प्रारम्भ होता है तथा चक्र की समाप्ति के पहले ही समाप्त हो जाता है। (चक्र की समाप्ति मरिध्य है)।



अपरदन

उत्थान तथा अपरदन के उपर्युक्त संयोगों (Combinations) के अभाव और भी कई संयोगों की कल्पना की जा सकती है परन्तु प्रथम तथा तृतीय सम्भावनाओं को छोड़ कर गेप सभी संयोगों केवल कल्पना मात्र है। वैसे आलोचक तो प्रथम तथा तृतीय संयोग को भी कल्पना मात्र ही बताते हैं क्योंकि इनके अनुसार अपरदन तथा उत्थान को रेखाबद्ध द्वारा उपर्युक्त रूपों में नहीं दिखाया जा सकता है। क्योंकि इनकी गति में सम्बद्धता तथा समानता नहीं होती है। सभी अपरदन गन्द हो सकती है तो सभी तीव्र। इसी प्रकार चक्र की यह कल्पना प्रयोग में रखने को नहीं मिलती है क्योंकि इसमें वाधायें उपस्थित होती रहती हैं तथा अपरदन-चक्र पूर्ण नहीं हो पाता है। इससे होते हुए भी अपरदन-चक्र की सकल्पना को अस्वीकृत नहीं किया जा सकता है। उपर्युक्त संयोगों में प्रथम डेविस की सकल्पना तथा तृतीय पैरक की सकल्पना को इंगित करता है।

अपरदन कार्य का परिणाम (Degree of performance)—इन विषय में अन्तर्गत हम उत्थान, अपरदन तथा उच्चावच के विभिन्न सम्बन्धों का उल्लेख करेंगे क्योंकि इनका सम्बन्ध स्थलरूप की रचना से होता है।

1. उत्थान तथा अपरदन के बीच सम्बन्ध > चक्र का
- (अ) 2 उत्थान तथा उच्चावच का सम्बन्ध > प्रतिफल
- 3 अपरदन एवं उच्चावच का सम्बन्ध (स्थलाकृति)
- (ब) ऊपरी वक्र (Upper curve) तथा निचले वक्र (Lower curve) के बीच सम्बन्ध

ऊपरी वक्र > प्रारम्भिक उच्चावच (Initial relief)  
निचला वक्र > अन्तिम उच्चावच  
अपरदन का निचला वक्र > (Ultimate relief)

अपरदन चक्र

डेविस की संकल्पना (Concept of W. M. Davis)

सामान्य परिचय—“भू-आकृति विज्ञान” के क्षेत्र में सर्वप्रथम डेविस महोदय ने स्थलरूपों के आविर्भाव तथा विकास के सम्बन्ध में चक्रीय पद्धति का प्रयोग किया। उन्होंने बताया है कि भी स्थलरूप का विकास किसी विशेष प्रक्रम (Process जैसे नदी) द्वारा किसी ग्राम संरचना (structure) वाले भूखण्ड पर निश्चित समय के अन्दर होता है तथा इसका विकास कई अवस्थाओं में होकर गुजरता है (युवावस्था, प्रौढ़ावस्था तथा जोर्णावस्था)। अर्थात् जहाँ से अपरदन प्रारम्भ होता है, एक निश्चित समय के बाद वही पर समाप्त हो जाता है तथा कई विशिष्ट स्थलरूपों का विकास होता है। इन प्रकार प्रत्येक स्थलरूप का अन्तिम रूप अपरदन के चक्रीय रूप का परिणाम होता है। डेविस महोदय ने अनुसार अपरदन चक्र एक समय होता है जिसके अन्तर्गत एक स्थलभाग ऊपर उठने के बाद समप्राय मैदान (Peneplain) में बदल जाता है तथा भू-आकृतिक चक्र (Geomorphic cycle) अपरदन-चक्र से उत्पन्न स्थलरूप होते हैं। परन्तु डेविस ने इसके लिए भौगोलिक चक्र (Geographic cycle) शब्द का प्रयोग किया है। उन्मूलन समय में भौगोलिक चक्र गन्द वा बहुत कम प्रकृतित है तथा इस रचना पर भू-आकृति चक्र का ही प्रयोग अधिक होता है। इससे न भौगोलिक चक्र को निम्न गन्दी में परिभाषित किया है —

“भौगोलिक-चक्र समय की वह अवधि है जिसके अन्तर्गत एक उत्थित भूखण्ड अपरदन के प्रक्रम द्वारा एक आकृति विहीन समतल मैदान में परिवर्तित हो जाता है।”

संरचना का तात्पर्य चट्टान की घनावध में है। डेविस ने संरचना शब्द का प्रयोग व्यापक अर्थ में किया है। संरचना में चट्टान की स्थिति और प्रकृति दोनों को सम्मिलित किया गया है अर्थात् संरचना का तात्पर्य एक प्रदेश के एक ही प्रकार के संरचना वाले स्थलखण्ड जैसे पर्वत, पठार, मैदान तथा पर्वतों में वलित पर्वत, ग्लेशियर पर्वत, ज्वानामुखी पर्वत एवं भ्रश आदि में ही नहीं होता

Landscape के लिए “दृश्य भूमि” तथा “भूदृश्य” दोनों शब्दों का प्रयोग किया जाता है।

है वस्तु सरचना में चट्टानों की उत्पत्ति में भाग लेने वाले बुल पदार्थों, खनिजों की स्थिति, रासायनिक पदार्थों की स्थिति, चट्टान का संगठन, ढाल का स्वभाव आदि तत्वों को भी सम्मिलित किया जाता है। उदाहरण के लिए वह चट्टान विशेष, जिस पर अपरदन चक्र चल रहा है, अवसादी है, जाम्बेय है या रूपान्तरित है? पुनः वह इन तीनों में से किसकी उप प्रकार है। इसी प्रकार चट्टान विशेष गठन है या अगमगठित है, भेद्य है या अभेद्य, प्रवेद्य है या अप्रवेद्य, रघुमय है या कम रघु वाली है न गमगठित है या मुतायम आदि सभी का अध्ययन किया जाता है। सरचना अपरदन क्रिया को बड़े पैमाने पर प्रभावित करती है तथा चट्टान की सरचना पर ही अपरदन चक्र का शीघ्र या देर में समापन तथा स्थानरूप का स्वभाव निर्भर करता है। उदाहरण के लिए यदि कोई भाग कठोर शैल का बना है तथा दूसरा भाग कोमल शैल का एवं अपरदन चक्र दोनों स्थानों पर एक ही साथ प्रारम्भ होता है तो कठोर चट्टान वाले भाग की अपस्था द्वितीय भाग में शीघ्र समाप्त हो जायेगा। इसी तरह जाम्बेय चट्टान की अपेक्षा तलछटी शैल शीघ्र अपरदित होती है। कम ढाल वाली चट्टान की अपेक्षा तीव्र ढाल वाली चट्टान में चट्टान तीव्र गति में तथा शीघ्र होता है। अजिब गतियों वाली चट्टानों का अपरदन, समस्त एवं समगठित चट्टानों में अधिक एवं शीघ्र होता है।

चट्टानों पर अपरदन करने वाले हाथों अथवा कारकों को प्रक्रम कहा जाता है। इनमें बहते हुये जल, पवन हिमनद, भूमिगत जल, सागरीय तरंगों, परिहिमानी प्रक्रमों आदि को सम्मिलित किया जाता है। प्रायः प्रत्येक प्रक्रम का कार्य विध्वंसकारी तथा निर्माण भूतक दोनों रूपों में होता है तथा स्थलरूपों का निर्माण इन दोनों कार्यों का परिणाम हो सकता है या अलग-अलग भी। कभी कभी कई प्रक्रम मिलकर कार्यरत होते हैं तो कभी अलग-अलग। इस प्रकार नदी द्वारा उत्पन्न स्थलरूपों की नदीकृत स्थलाकृति, वायु द्वारा निमित्त स्थलरूपों की वायु-कृति आदि नामकरण प्रदान किये जाते हैं। इन प्रक्रमों का बाह्य पुनर्तन क्रियाओं, अपरदन, परिवहन तथा निक्षेपण द्वारा सम्पन्न होता है तथा इनसे अलग-अलग स्थलरूपों का निर्माण तथा विकास होता है।

किसी भी स्थलरूप के निर्माण में समय या अवधि का भी महत्वपूर्ण स्थान होता है। अर्थात् इसके अन्तर्गत हम देखते हैं कि किसी निश्चित सरचना वाले भूखण्ड पर किसी प्रक्रम विशेष ने कितने समय तक कार्य किया

है तथा वह कितना प्रभाव उत्पन्न कर चुका है। दूसरे शब्दों में वह स्थलखण्ड अपने विकास की किस अवस्था में है। अभी निर्माण की प्रारम्भिक अवस्था में है। या मध्य की अवस्था में है अथवा अन्तिम अवस्था में। डेविस महोदय ने स्थलरूपों के विकास की तीन अवस्थाओं का उल्लेख किया है—प्रावस्था, प्रोवास्था तथा जीर्णावस्था। यद्यपि इन शब्दावतियों के प्रयोग में कुछ विद्वान आपत्तियाँ प्रस्तुत करते हैं तथापि इनका प्रयोग आधुनिक युग में 'भू-आइति विज्ञान' में बड़े पैमाने पर किया जाता है। इस प्रकार उपर्युक्त तीन तत्त्वों अर्थात् सरचना, प्रक्रम, अवस्था का प्रभाव वहाँ की दुष्प्रभूमि के निर्माण तथा अन्तिम रूप में पड़ता है। अगर एक ही प्रकार की सरचना वाले कई स्थलखण्ड हैं परन्तु वे एक जगह न होकर दूर-दूर विस्तृत हैं तथा यदि उन पर एक ही प्रकार के प्रक्रम द्वारा अपरदन प्रारम्भ होता है तो एक निश्चित अवस्था में उपर्युक्त स्थलरूप उन सभी क्षेत्रों में समान होंगे।

उत्थान तथा अपरदन—अपरदन-चक्र का प्रारम्भ, डेविस महोदय सर्वप्रथम स्थलखण्ड का उत्थान से प्रारम्भ करते हैं। डेविस का अनुसार उत्थान की अवधि छोटी होती है। इनके मत की सबसे ध्यान देने योग्य बात यह है कि अपरदन के पूर्व स्थल-खण्ड में उत्थान होता है तथा जब तक स्थल-खण्ड का उत्थान पूर्ण नहीं हो जाता है तब तक अपरदन प्रारम्भ नहीं होता है। इस प्रकार स्थलखण्ड के उत्थान के दौरान अपरदन नहीं होता है। इस विषय पर विद्वानों ने व्यामर्श जर्मन भूगोलवेत्ताओं ने कड़ी आलोचनाये की है। वास्तव में प्रयोग में यह सम्भव नहीं है कि अपरदन स्थलखण्ड की तब तक प्रतीक्षा करेगा जब तक वह पूर्ण रूप से उद्विगत न हो जाय। सामान्य रूप से जैसे ही कोई स्थलखण्ड ऊपर उठने लगता है उस पर अपरदन प्रारम्भ हो जाता है। इस प्रकार अपरदन तथा उत्थान साथ-साथ प्रारम्भ होते हैं। इस आलोचना पर ध्याय्या आने की जायगी। डेविस के अपरदन-चक्र में एक ध्यान देने योग्य बात यह है कि अपरदन तथा उत्थान नहीं भी साथ-साथ कार्य नहीं करते हैं।

वेबस उत्थान  
(छोटी अवधि)

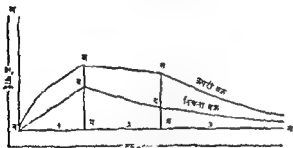
अपरदन  
(लम्बी अवधि)

स्मरणीय है कि डेविस का स्थलरूपों के विकास में सम्बन्धित सिद्धान्त 'भौगोलिक चक्र' नहीं है। यह तो उनके सिद्धान्त के तहत स्थलरूपों की व्याख्या के लिए



कई सम्भाव्य प्रतिरूपों (models) में से एक है। डेविन का मिद्वान्त डम प्रकार है—'स्थलरूपों में समय के साथ क्रमिक परिवर्तन (क्रमिक अवस्थाओं में) होता है तथा यह परिवर्तन एक मुनिश्चित लक्ष्य (आकृति विहीन समप्राप्य मैदान) की ओर उन्मुख होता है।' डेविन द्वारा प्रांतपादिन स्थलरूपों के विकास में सम्बन्धित मिद्वान्त की विशेष आलोचनात्मक व्याख्या अध्याय दो (पृष्ठ 40-45) में की गई है। यहाँ पर उनके भौगोलिक चक्र के मॉडल की ही व्याख्या की जा रही है। ऊपरी चक्र का तात्पर्य जलविभाजकों के जीर्ण या उच्चस्थ भाग में जलक निर्मिता चक्र नदी की घाटी की तराई को प्रदर्शित करता है।

डेविन के भौगोलिक चक्र का प्राक द्वारा प्रदर्शन—मानक रेखाचित्र में डेविन के अपरदन-चक्र से दो चक्रों द्वारा प्रदर्शित किया गया है। हमें नीचे वाले चक्र को 'निचला चक्र' (Lower curve L.C.) तथा ऊपर वाले को 'ऊपरी चक्र' (Upper curve U.C.) कहा जा सकता है। उम्भवत् रेखा के चक्र के मध्य में स्थलखण्ड की ऊँचाई तथा क्षैतिज रेखा के चक्र के मध्य में समथ दिखाया गया है। अपरदन-चक्र में प्रक्रम के रूप में नदी के कार्य का दिया गया है। 'अ' व रेखा प्रारम्भिक जीमन उच्चावच का प्रदर्शित करती है तथा 'ब' रेखा अन्तिम अधिकतम उच्चावच को प्रदर्शित करती है। 'क', 'ग',



चित्र 176—डेविन के भौगोलिक चक्र का प्राक द्वारा प्रदर्शन। पृष्ठ 62 पर दिये गये चित्र 8 तथा 9 को भी देखिए।

रेखा अपरदन का आधार तल है जो कि सागर-तल को प्रदर्शित करता है। उपर्युक्त रेखा-चित्र में अपरदन-चक्र

की अवस्था को तीन अवस्थाओं में प्रदर्शित किया गया है—प्रथमावस्था में केवल स्थलखण्ड का उत्थान हो रहा है। इस अवस्था में अपरदन नहीं है। दूसरी तथा तीसरी अवस्थाओं में अपरदन होता है तथा निरन्तर स्थलखण्ड नीचा होता जा रहा है। चूंकि डेविन महोदय स्थलखण्ड के ऊपर उठने की अवस्था को अपने चक्र की अवस्था नहीं मानते हैं क्योंकि इनका चक्र पूर्व उन्धित स्थलखण्ड पर प्रारम्भ होता है, अतः प्रथम अवस्था को अपरदन-चक्र में सम्मिलित नहीं किया जाता है। अन्तिम दो अवस्थाओं को पुनः युगावस्था, प्रौढावस्था तथा जीर्णावस्था तीन अवस्थाओं में विभक्त किया जाता है। इस प्रकार उपर्युक्त प्राक-चित्र में इन तीन अवस्थाओं की ज्ञप्ति नहीं होनी चाहिये। इन तीन अवस्थाओं का विकास इसमें 'अ', 'ब' के बाद प्रारम्भ होता है। यहाँ पर उपर्युक्त रेखाचित्र की तीन अवस्थाओं (एक स्थान की तथा दो अवस्थाओं अपरदन की) का मक्षान उन्लेख किया जा रहा है—

प्रथमावस्था—प्रथमावस्था में स्थलखण्ड का उत्थान प्रारम्भ होता है तथा यह उत्थान 'क' बिन्दु से 'अ' तथा 'ब' बिन्दुओं तक चलता है तथा यहाँ पहुँचने पर उत्थान समाप्त हो जाता है। उत्थान को 'क' से 'अ' तथा 'ब' तक रेखाओं द्वारा दिखाया गया है। चूंकि इस अवस्था में अपरदन नहीं होता है अतः ऊँचाई तथा उच्चावच दोनों में वृद्धि होती है। 'अ' व 'ब' रेखा प्रारम्भिक वास्तविक जीमन उच्चावच को प्रदर्शित करती है। 'अ' बिन्दु ऊपरी चक्र तथा 'ब' निचले चक्र को प्रदर्शित करते हैं। दूसरे शब्दों में 'अ' बिन्दु द्वारा ऊँच भू-भाग की ऊँचाई तथा 'ब' बिन्दु द्वारा निचले भू-भाग (घाटी) की ऊँचाई प्रदर्शित होती है।

प्रथमावस्था का उच्चावच = अ - ब य = अ - ब  
(U.C. - L.C. = अ - ब) = अ, ब = भौगन पृष्ठीय जलन।

द्वितीय अवस्था—'अ' के बाद उत्थान समाप्त हो जाता है तथा यहाँ से अपरदन-कार्य प्रारम्भ होता है। इस अवस्था में ऊपरी चक्र पर अपरदन नहीं होता है बल्कि निचले चक्र पर होता है। यह अपरदन की प्रारम्भिक अवस्था है, जिसमें निम्न स्तरों पर सर्वाधिक होता है, जिसमें नदियों की घाटी निरन्तर गहरी होती है परन्तु

1. Initial relief Relief is defined as difference between upper curve and lower curve of a land mass. In other words relief is defined as the difference between the highest and the lowest points of a land mass.

कटक के ऊपरी भाग अपरदन से अभभावित रहते हैं। इस प्रकार उच्चतम भाग अब भी अपरदन न होने के कारण उच्चतम ही रहते हैं। चित्र 176 में इस तथ्य को 'अ, स' रेखा द्वारा, दिखाया गया है। चूँकि उत्थान समाप्त हो चुका है तथा ऊपरी वक्र पर अपरदन नहीं हो रहा है, अतः 'अ, स' रेखा, ब, द, ग, रेखा के साथ समानान्तर है। इससे विपरीत निचले वक्र पर निरन्तर निम्न कटाव के कारण नदियों की घाटियाँ गहरी होती रहती हैं। यह तथ्य 'ब-द' रेखा द्वारा स्पष्ट हो जाता है। 'ब-द' रेखा निरन्तर झुकती रहती है जिसका तात्पर्य है कि नदी की घाटी निरन्तर गहरी होती जाती (निम्नवर्ती अपरदन द्वारा) है। इस तरह स्पष्ट हो जाता है कि यद्यपि अधिक ऊँचाई इस अवस्था में अपरिवर्तित रहती है परन्तु उच्चावच निरन्तर बढ़ता है तथा 'स-ब' अधिकतम उच्चावच (Ultimate maximum relief) को प्रदर्शित करता है। इस अवस्था को निम्न विशेषणार्थ है —

- (i) परम ऊँचाई स्थिर है।
- (ii) ऊपरी वक्र (रक्षलक्षण का शीर्ष भाग) अपरदन से अभभावित रहता है।
- (iii) निचले वक्र (नदी की घाटी की तली) पर निम्न कटाव होता है।
- (iv) उच्चावच निरन्तर बढ़ता जाता है।
- (v) उत्थान शून्य होता है।
- (vi) यह युवावस्था का लक्षण है।

तृतीय अवस्था—उपर्युक्त रेखाचित्र से स्पष्ट है कि तृतीय अवस्था का समय सर्वाधिक लम्बा है तथा इसी के अन्तर्गत अपरदन-चक्र की प्रौढ़ावस्था तथा जीर्णवस्था को सम्मिलित किया जाता है। तृतीय अवस्था के प्रारम्भ में ('स-द' के बाद) ऊपरी वक्र पर भी अपरदन प्रारम्भ हो जाता है जिस कारण ऊँचे भागों अर्थात् कटक के शीर्ष भाग भी अपरदित होने लगते हैं। इस प्रकार सम्भवतः कटाव की अपेक्षा क्षैतिज अपरदन (Lateral erosion) अधिक तीव्र होता है। जल-विभाजक तीव्र गति से अपरदित होने लगते हैं तथा पोछे हटने लगते हैं। अपरदन दोनों वक्रों पर सक्रिय होता है। चूँकि उत्थान शून्य है तथा ऊपरी वक्र पर निचले की अपेक्षा अपरदन अधिक हो रहा है अतः निचले वक्र की अपेक्षा ऊपरी वक्र अधिक नीचता से झुकता जाता है। यह तथ्य उपर्युक्त चित्र द्वारा स्पष्ट हो जाता है। चूँकि दोनों वक्र असमान गति से नीचे झुकते हैं अतः अधिकतम उच्चावच घटने लगता है तथा निरन्तर कम होता जाता है।

यह अपरदन-चक्र का प्रौढ़ावस्था का समय होता है। इसके बाद क्षैतिज अपरदन और सक्रिय होता है तथा अन्त में दोनों वक्र एक दूसरे के समीप आ जाते हैं। उच्चावच प्रायः समाप्त हो जाते हैं एवं स्थलछण्ड अपने आधारतल अर्थात् सागर-तल को प्राप्त हो जाता है। अपरदन समाप्त हो जाता है। यह जीर्णवस्था का समय होता है। इस प्रकार अपरदन-चक्र पूर्ण हो जाता है। टेक्स के अनुसार अन्तिम अवस्था में स्थलछण्ड एक जाड़ति-विहीन भूभाग में बदल जाता है। इस स्थिति के लिए टेक्स ने 'समप्रदाय मैदान' शब्द का प्रयोग किया है। कुछ प्रविरोधी चट्टानें छिट-पुट रूप से सम-प्रदाय मैदान में ऊपर उठी रहती हैं, जिन्हें मोनाडनाक (Monadnock—अप्लेशियन की मोनाडनाक पहाड़ी के नाम पर) कहते हैं। इस तृतीय अवस्था की निम्न विशेषताएँ होती हैं—

- (i) सम्भवतः अपरदन से क्षैतिज अपरदन अधिक होता है।
- (ii) अपरदन दोनों वक्रों पर होता है।
- (iii) असमान अपरदन होने से उच्चावच घटता जाता है।
- (iv) ऊपरी वक्र अधिक अपरदन के कारण निचले वक्र की अपेक्षा तीव्र गति से झुकता है।
- (v) दोनों वक्रों पर अपरदन होने से परम ऊँचाई (Absolute height) भी कम होती जाती है।
- (vi) अन्त में दोनों वक्र मिल जाते हैं।

### टेक्स के भौगोलिक चक्र की आलोचना

विशद अध्ययन के लिए देखिए इस पुस्तक के द्वितीय अध्याय के पृष्ठ 41-45।

1. टेक्स महोदय ने "भौगोलिक चक्र" की संकल्पना के प्रकाश में आते ही उसकी एक तरफ तो बड़ी सराहना हुई तथा पर्याप्त समर्थन मिले परन्तु दूसरी तरफ इसके कुछ आलोचना भी की गई। सबसे अधिक आलोचना जर्मनी के विद्वानों द्वारा की गई। सर्वप्रथम आपति नामावली पर है। अर्थात् 'चक्र' शब्द प्रापक है। चक्र के अनुसार जहाँ से अपरदन प्रारम्भ होता है वही पर समाप्त हो जाना चाहिये परन्तु वास्तव में ऐसा होता नहीं है। चेंक महोदय ने भी टेक्स की युवावस्था, प्रौढ़ावस्था तथा जीर्णवस्था आदि अवस्थाओं से असम्बन्धित प्रवृत्ति की है एवं उनसे रमान पर अन्य नामावतियों का प्रयोग किया है। 1. Aufsteigende, 2 Absteigende, 3 Gleichformige Entwicklung। टेक्स महोदय

न बताया कि कोई भी स्थलरूप संरचना, प्रक्रम तथा अवस्था का प्रतिफल होता है परन्तु ऐक्य ने इसके स्थान पर स्थलरूप को उत्थान की दर तथा निम्नीकरण की दर (Rate of degradation) तथा इन दोनों की प्रावस्थाओं (phases) के सम्बन्ध का प्रतिफल बताया है<sup>1</sup>। इन आलोचना के विषय में डेविम ने स्वयं बताया है कि जर्मन विद्वानों ने ईर्ष्याविश नामावली पर आक्षेप किया है। वास्तव में अपरदन-चक्र में अवस्था (Stages) की मकल्पना के सम्बन्ध में कई कठिनाइयाँ उपस्थित हो जाती हैं। अपरदन-चक्र की सुनना मानव जीवन से नहीं की जा सकती है। मानव-जीवन में यद्यपि तीन अवस्थाएँ—युवावस्था, प्रौढावस्था तथा जीर्णवस्था, होती हैं परन्तु इनमें से प्रत्येक का आगमन तथा अन्त प्रायः निश्चित समय से होता रहता है परन्तु किसी स्थलरूप के जीवन-इतिहास के सम्बन्ध में उपर्युक्त तथ्य सम्भव नहीं है। यदि कोई भूखण्ड कमजोर तथा मुलायम चट्टानों का बना है तो उस पर अपरदन इतनी शीघ्रता एवं तीव्रता से होगा कि युवा एवं प्रौढावस्थाएँ शीघ्र ही समाप्त हो जाती हैं तथा बुढ़ावस्था का पदार्पण हो जाता है। परन्तु इससे विपरीत यदि स्थलखण्ड कठोर एवं प्रतिरोधी चट्टान का बना है तो युवा तथा प्रौढावस्थाओं का समय आवश्यकता से अधिक हो सकता है। डेविम महोदय ने इन कठिनाइयों को स्वीकार किया है परन्तु इन्हें आधारभूत स्थिति बताया है।

2 ओ माल महोदय (O. Mall) ने डेविम के भौगोलिक चक्र की आलोचना करते हुये बताया है कि डेविम ने अपरदन चक्र की सकल्पना को आवश्यकता से अधिक साधारण (Over simplification) बना दिया है। इसी प्रकार डेविम ने भू-तात्त्विक रचना (Geology) के विभेदों को ध्यान में नहीं रखा है। केवल एक सामान्य रचना वाले भाग में पूर्व उत्थान मानकर इन्होंने अपने अपरदन चक्र की कल्पना की है, जो कि दृष्टि-पूर्ण है।

3 सबसे अधिक आपत्ति डेविम द्वारा वर्णित स्थल-खण्ड के उत्थान तथा अपरदन की प्रक्रिया पर उठायी जाती है। डेविम महोदय उत्थान तथा अपरदन को एक

साथ नक्रिय नहीं बनाते हैं। स्थलखण्ड के उत्थान के पूर्ण हो जाने पर ही अपरदन प्रारम्भ होता है। प्रकृति के साम्राज्य में यह सम्भव नहीं है। यह सम्भव नहीं है कि अपरदन उस स्थलखण्ड की तब तक प्रतीक्षा करेगा जब तक कि वह पूर्ण रूप से ऊपर उठ न जाय। इस आलोचना में बचने के लिये डेविम महोदय ने स्थल-खण्ड का कम अवधि में त्वरित उत्थान माना है। यह उत्थान इतना शीघ्र होता है कि अपरदन उस पर सम्भव नहीं है। परन्तु यह तथ्य भी वास्तविकता से कोसों दूर है। होता तो यह है कि जैसे ही कोई स्थल भाग ऊपर उठने लगता है वैसे ही उस पर अपरदन के कार्य प्रारम्भ हो जाते हैं। अर्थात् उत्थान तथा अपरदन साथ-साथ प्रारम्भ होते हैं। 'चक्र' का प्रारम्भ पहले से ही उद्भिन्न स्थल खण्ड पर अपरदन के साथ ही नहीं मानना चाहिये। अपरदन तथा उत्थान के निश्चय ही कुछ सीमा तक अतिव्यापन (Overlapping) होता है तथा चक्र निश्चय ही सागर-तली के प्रथम निर्गमन (First emergence of sea floor) अथवा स्थल खण्ड की प्रथम विरूपणकारी इत-पल के साथ ही प्रारम्भ हो जाता है"<sup>2</sup>।

4 इसी प्रकार दूसरी आपत्ति स्थल-खण्ड के उत्थान की प्रक्रिया से सम्बन्धित है। डेविम का उत्थान त्वरित एवं शीघ्र तथा अनायास होता है। यह अवधारणा आपत्तिजनक है। स्थलखण्ड का उत्थान एवं लम्बी प्रक्रिया होती है, जिसमें अन्तर्गत स्थलखण्ड का उत्थान न केवल लम्बी अवधि तक क्रमवद्ध रूप में (Long continued uplift) होता है वरन् विभिन्न दर या गति में होता है। अतः डेविम की उत्थान की अवधारणा भ्रामक है।

5 डेविम के अनुसार उत्थान पूर्ण होने पर अपरदन प्रारम्भ होता है परन्तु स्थल-खण्ड का उत्थान सम-वत (Still stand) रहता है अर्थात् उसकी ऊँचाई में ह्रास नहीं होता है। यह स्थिति समस्त युवावस्था तक रहती है। यह सम्भव नहीं है कि स्थलखण्ड अपरदन के लिये लम्बे समय तक स्थिर अवस्था में (Still stand) पड़ा रहे।

1. "Geomorphic forms are an expression of the phase and rate of upliftment in relation to the rate of degradation"—Von Engel, Geomorphology, Page 261.
2. "In general the cycle should not be regarded as beginning, with erosion of an already uplifted land mass. Erosion and uplift inevitably overlap to some extent and the cycle really begins with the first emergence of a seafloor, or the first movement of deformation of a land mass"—Wooldridge and Morgan.

6 उपर्युक्त आलोचनाओं के ममाधान में डेविस ने बताया है कि स्थायण्ड के पूर्व उत्थान की अपरदन-चक्र के माधारणीकरण के लिये माना गया है, अन्यथा चक्र अस्थिर रहित हो जाता। अपरदन-चक्र की प्रक्रिया को स्पष्ट रूप में प्रदर्शित करने के लिये ही उत्थान की विभिन्न श्रेणियों तथा चक्रों का उल्लेख नहीं किया गया है। इस प्रकार हम देखते हैं कि डेविस के उपर्युक्त मत की कुछ आलोचनाएँ आंशिक रूप में सत्य हैं परन्तु अधिकांश निराधार हैं। जर्मन विद्वानों ने प्रतिद्वन्द्विता-या ही डेविस के मत की कुछ आलोचना की है। डेविस ने भौगोलिक चक्र की संकल्पना में स्थलरूपों के अध्ययन तथा वर्गीकरण में पर्याप्त सहायता मिली है। कुल मिला कर डेविस का यह सिद्धान्त भू-आकृति विज्ञान के क्षेत्र में प्रमुख योगदान है।

पेन्क की संकल्पना (Concept of Walther Penck)

सामान्य परिचय—ऊपर डेविस महोदय के भौगोलिक चक्र की व्याख्या के साथ यह उल्लेख किया जा चुका है कि जर्मन भूगोलवेत्ताओं ने डेविस की संकल्पना के विपरीत कई आपत्तियों को उठा दिया है तथा कुछ विद्वानों ने तो इस सिद्धान्त को कल्पनाहीन तथा निराधार बताया है। डेविस के “भौगोलिक चक्र-सिद्धान्त” के प्रमुख आलोचकों में वाटरर पेन्क, ईवान्स, रैम्से, क्रिके आदि उल्लेखनीय हैं। वर्तमान समय में तो डेविस के आलोचकों की संख्या इतनी अधिक हो गयी है कि समर्पक ग्रन्थ संभव हो गये हैं। इनके द्वारा की गई आलोचनाओं की दो श्रेणियों में रखा जा सकता है—प्रथम श्रेणी के आलोचकों में वे आते हैं, जिन्होंने डेविस की “चक्रोंय संकल्पना” की गलत निरूपण तथा असम्भव बताया है। दूसरी श्रेणी के आलोचकों ने अपरदन-चक्र की व्याख्या दूसरे ढंग में प्रस्तुत की है। इन श्रेणियों में वाटरर पेन्क नामक जर्मन विद्वान प्रथमी हैं, जिन्होंने अपरदन-चक्र की तो स्वीकार किया है परन्तु डेविस के रूप में नहीं। अगर दोनो विद्वानों की संकल्पनाओं का तुलनात्मक अध्ययन किया जाय तो दोनों प्रवृत्त अलग-अलग दिशा में गत हैं। इनके विभिन्न वा. वर्णन आगे विस्तर के साथ किया जावेगा। वाटरर पेन्क ने डेविस की इन संकल्पना की कटु आलोचना की है कि अपरदन का कार्य स्थलखण्ड के पूर्ण रूप से उठ जान पर प्रारम्भ होता है तथा उत्थान स्वरित एक छोटे समय तक होता है। पेन्क ने डेविस की “अवस्था-संकल्पना” (Stage concept) का भी खण्डन किया है तथा बताया है कि स्थलरूप,

उत्थान की प्रवस्था (Phase) एवं दर ‘Rate of uplift’ तथा निम्नीकरण (Degradation) के प्रारम्भ-रिक सम्बन्धों का प्रतिफल है। अर्थात् कितना उत्थान हुआ और कितना कटाव? इस प्रकार स्थलरूप का निर्माण उत्थान की दर तथा कटाव की दर पर आधारित होता है, न कि अवस्था पर। पेन्क ने डेविस की तीन अवस्थाओं के स्थान पर भिन्न नामावतियों का प्रयोग किया है। यह अवस्था भी तीन होती है परन्तु यह समय की दृष्टिकोण से उत्थान के गति की दृष्टिकोण से होती है। पेन्क ने स्थलरूप के विकास में ढाल का महत्व अत्यधिक बताया है। उपर्युक्त तीन अवस्थाओं में उत्थान तथा निम्नीकरण की विभिन्न दरों द्वारा विभिन्न प्रकार के ढालों का विकास होता है जो कि विभिन्न प्रकार के स्थलरूपों की जन्म देने हैं।

उत्थान एवं अपरदन या निम्नीकरण (Upliftment and Erosion or Degradation)—पेन्क महोदय स्वचित्त सृष्टा कम समय वाले उत्थान में विश्वास नहीं करने हैं। उत्थान समान गति में न होकर विभिन्न दरों या गतियों में सम्पादित होता है। उत्थान के विषय में पेन्क ने यह माना है कि अपरदन या निम्नीकरण स्थलखण्ड के उत्थान की गति की परीक्षा नहीं करता है बल्कि जैसे ही स्थलखण्ड माग्न तल से ऊपर उठने लगता है उस पर अपरदन का कार्य प्रारम्भ हो जाता है। यह सम्भव हो सकता है कि प्रारम्भ में उठन की दर उतनी अधिक हो कि अपरदन परिलक्षित न हो सके परन्तु अपरदन तथा उत्थान साथ-साथ प्रारम्भ होत हैं परन्तु कुछ समय बाद उत्थान समान हो जाता है तथा अपरदन, चक्र के अन्त तक चलता है। उत्थान के विषय में दूसरी ध्यान देने योग्य बात यह है कि प्रारम्भ में अन्त तक (केवल उत्थान की अवधि के अन्त में नास्मय है न कि चक्र के) उत्थान समान दर या गति में नहीं होता है। प्रारम्भ में उत्थान अधिर तीव्र, दीर्घ में समान रूप में तथा अन्त में घटती दर से सम्पन्न होता है। पेन्क महोदय ने स्थलखण्ड के उत्थान की दर के हिसाब से तीन अवस्थाओं में विभाजित किया है, तथा इन तीन अवस्थाओं में निम्नीकरण भी उत्थान की गति या दर का ही अन्यायपूर्ण अनुकरण करना है। फलस्वरूप विभिन्न ढालों का गृहण होता है, जो कि विभिन्न स्थलरूपों के परिचायक होते हैं। स्थलखण्ड के उत्थान की इन तीनों अवस्थाओं की निम्न रूपों में व्यक्त किया जा सकता है—

1. **आफत्सोजिन्डे (Aufsteigende) इन्टिक्बलुंग**—यह उत्थान की प्रथम अवस्था होती है, जिसके प्रारम्भ में स्थलखण्ड धीरे-धीरे ऊपर उठने लगता है परन्तु थोड़े समय बाद ही गति अत्यधिक तीव्र हो जाती है। इसमें स्थलरूप का विकास तथा विस्तार तीव्र गति से होता है (आफत्सी जिन्डे—Waxing or accelerated, Entwicklung इन्टिक्बलुंग—Development)।

2. **आबत्सोजिन्डे इन्टिक्बलुंग**—(Absteigende Entwicklung)—यह स्थलखण्ड के उत्थान की अन्तिम अवस्था होती है जिसमें उत्थान मन्द गति में धीरे-धीरे ह्रासोन्मुख होता है (Absteigende Entwicklung—waning or declining development)।

3. **ग्लोखफॉर्मिग इन्टिक्बलुंग**—(Gleichformige Entwicklung)—यह अवस्था उपर्युक्त दो अवस्थाओं के मध्य की होती है, जिस समय उत्थान समवत (Uniform and unvarying development) रहता है।

पेन्क के 'अपरदन-चक्र की ध्यवस्था' में एक और ध्यान देने योग्य बात है। पेन्क ने अपरदन चक्र के प्रारम्भ होने की आवश्यक दशा का भी उल्लेख किया है। पेन्क महोदय ने चक्र के प्रारम्भ के लिये समान सरचना वाले फैलने हुए गुम्बद को जिसमें मन्द, स्थगित, आन्तराधिक (Intermittent) तथा बड़ी हुई गति में या घटो हुई गति में उत्थान हो रहा हो, आधार माना है। पुनः पेन्क ने प्राइमारम्प (Primarumpf) तथा इन्ड्रम्प (Endrumpf) शब्दावलिओं का भी प्रयोग किया है। प्राइमारम्प एवं प्रारम्भिक समप्राय मैदान (Peneplain) का रूप होता है। यद्यपि यह ऊँचाई में नगण्य होता है तथा अत्यधिक रूप में निम्नीकृत (Degraded) होता है परन्तु इनमें बर्षा भी अधिक ऊँचाई नहीं होती है, न तो महत्वपूर्ण उच्चावच ही होता है। इन प्रकार चक्र के लिये प्राइमारम्प प्रारम्भिक "स्वाकृतिक इकाई" होता है, जिस पर विभिन्न दर से उत्थान तथा निम्नीकरण द्वारा स्थलरूपों का विकास होता है। इन्ड्रम्प चक्र का अन्तिम रूप होता है, जिसकी मरता डेविस के बेनीप्लेन या "समप्राय मैदान" से को जा सकती है। यद्यपि "प्राइमारम्प" तथा "इन्ड्रम्प" उच्चावच तथा ऊँचाई की दृष्टि में प्रायः समान होते हैं परन्तु यदि प्रथम, अपरदन चक्र के प्रारम्भिक अवस्था का चोटक है तो दूसरा, अन्तिम अवस्था का। पेन्क ने इन दोनों में मध्यम अन्तर भी स्थापित किया है। प्राइमारम्प में ढाल उत्तल तथा

इन्ड्रम्प में ढाल अवतल होता है। यदि चक्र की मरमात्र इन्ड्रम्प में हो गई है तो पुनः दूसरे चक्र के प्रारम्भ होने के लिये यह आवश्यक है कि इन्ड्रम्प में मन्द उत्थान हो तथा वह प्राइमारम्प में परिवर्तित हो जाय। पेन्क के स्थलरूपों के विकास सम्बन्धित सिद्धान्त की विशद तथा समग्र व्याख्या के लिए देखिये इस पुस्तक के द्वितीय अध्याय के पृष्ठ 45-47 तथा अध्याय 17 (ढाल विश्लेषण)।

पेन्क के चक्र का घाफ द्वारा प्रदर्शन—निचले रेखा-चित्र द्वारा पेन्क द्वारा वर्णित उत्थान तथा निम्नीकरण की क्रिया का प्रदर्शन दो चक्रों द्वारा किया जा रहा है। इसमें U C. (Upper curve) ऊपरी चक्र अर्थात् अधिकतम ऊँचाई या औसत ऊँचाई (Absolute height) को प्रदर्शित करता है तथा L C. (Lower curve) निचले चक्र या निचले भाग की औसत ऊँचाई या घाटी तल्लों को प्रदर्शित करता है। 'क-ख' रेखा के सहारे अपरदन-चक्र का समय तथा 'क-ग' रेखा के सहारे स्थलखण्ड की ऊँचाई को प्रदर्शित किया गया है। 'क-ख' रेखा अपरदन के आधारस्तल (Base level) को भी प्रदर्शित करती है जो कि सागर-तल के बराबर है। ब फ<sup>1</sup>, ग फ<sup>2</sup>, र फ<sup>3</sup>, ब फ<sup>4</sup>, विभिन्न प्रावस्थाओं में उच्चावच की माता को प्रदर्शित करती है। समस्त चक्र को पाँच विभिन्न प्रावस्थाओं में विभक्त किया गया है अब 'क' स्थान पर प्राइमारम्प का उत्थान होना प्रारम्भ होता है तथा उसके साथ ही माथ अपरदन भी प्रारम्भ हो जाता है। उत्थान की दर बदलती रहती है तथा अपरदन भी उत्थान की दर का ही अनुसरण करता हुआ चलता है। अपरदन-चक्र को निम्न पाँच प्रावस्थाओं में प्रदर्शित किया जा सकता है। यहाँ पर इन प्रावस्थाओं का तात्पर्य 'Stage' में कदापि नहीं है वरन् इनका मतलब उच्चावच के विकास की दशाओं में है अर्थात् विभिन्न दशाओं में उत्थान की गति तथा निम्नी-



चित्र 177—पेन्क के अपरदन-चक्र का घाफ द्वारा प्रदर्शन।

करण की दर के सम्बन्ध का उच्चावच के विकास पर क्या प्रभाव पड़ता है। प्राक द्वारा उच्चावच के विकास को निम्न पाँच दशाओं में समझाया जा सकता है—

1. प्रथम दशा—'क' स्थान से प्राद्वारम्भ के उत्थान के साथ ही साथ अपरदन कार्य भी प्रारम्भ हो जाता है। स्थल खण्ड के उठने की गति समान नहीं है। ऊपरी वक्र (U. C) का उत्थान निचले वक्र (L. C) की अपेक्षा तेज गति से हो रहा है, परन्तु उत्थान के विपरीत अपरदन दोनों वक्रों पर समान गति में सम्पन्न होता है। अपरदन की अपेक्षा उत्थान अधिक है। अतः स्थलखण्ड की सामान्य ऊँचाई निरन्तर बढ़ती जाती है। नदियों द्वारा निम्न बटाव उत्थान का साथ नहीं दे पाता है वरन् पीछे छूट जाता है। इस कारण निरपेक्ष ऊँचाई (Absolute height परम ऊँचाई) तथा उच्चावच दोनों वृद्धि को प्राप्त होते हैं। यद्यपि ऊपरी वक्र पर अपरदन होता है, परन्तु दोआब-चोटियों (Interfluvial summits or divide summits) अपरदन से प्रभावित नहीं होती हैं, अतः स्थलखण्ड के निरन्तर उत्थान के कारण इन चोटियों की ऊँचाई बढ़ती जाती है। ब' रेखा इस दशा की अन्तिम सीमा को प्रदर्शित करती है।

2. द्वितीय दशा—द्वितीय दशा में भी उत्थान सत्रिय रहता है परन्तु इस बार दोनों वक्रों पर समान उत्थान होता है। इसी प्रकार अपरदन भी ऊपरी तथा निचले भाग अर्थात् दोनों वक्रों पर समान दर से चलता है, परन्तु अपरदन की मात्रा, उत्थान की मात्रा से कम होती है अतः निरपेक्ष ऊँचाई बढ़ती जाती है परन्तु मन्द गति से। इस अवस्था में घाटी के निम्न बटाव के साथ ही साथ क्षैतिज कटाव द्वारा घाटी की चौड़ाई भी बढ़ती जाती है। फलस्वरूप दोआब की चोटियाँ नुकीली होती हैं। उपर्युक्त दशाओं के कारण निम्न प्रतिष्ठा प्राप्त होते हैं—

- (i) निरपेक्ष ऊँचाई बढ़ती जाती है, क्योंकि उत्थान की दर, अपरदन की दर से अधिक है।
- (ii) उच्चावच समतल या स्थिर रहता है, क्योंकि दोनों वक्रों पर अपरदन तथा उत्थान की दर समान है।
- (iii) ऊपरी तथा निचले भाग समानान्तर होते हैं, क्योंकि दोनों वक्रों का अपरदन तथा उत्थान बराबर है।

(iv) यद्यपि दोनों वक्र समानान्तर हैं परन्तु भूतल अवस्था में नहीं है, क्योंकि स्थलखण्ड पर उठ रहे हैं।

3. तृतीय दशा—तृतीय प्रावस्था में भी स्थल-खण्ड का उत्थान सक्रिय रहता है, परन्तु इस बार अपरदन की मात्रा उत्थान की दर के समान होती है अतः निरपेक्ष ऊँचाई में वृद्धि नहीं होती है, वरन् वह स्थिर या समतल रहती है। दोनों वक्रों पर उत्थान की मात्रा समान होती है। इस बार नदी द्वारा निम्न बटाव स्थल के ऊपर उठने की दर के बराबर होता है। अतः न तो निरपेक्ष ऊँचाई बढ़ पाती है और न तो उच्चावच में ही अन्तर हो पाता है। निरपेक्ष ऊँचाई तथा उच्चावच दोनों समतल या स्थिर रहते हैं। इस दशा में निम्न परिणाम होता है—

- (i) निरपेक्ष ऊँचाई स्थिर होती है।
- (ii) उच्चावच स्थिर रहता है।
- (iii) उपर्युक्त दा परिणामों के कारण दोनों वक्रों का के कारण दोनों वक्र समानान्तर होते हैं। बराबर हैं।
- (iv) इस बार ऊपरी तथा निचले भाग समानान्तर उत्थान की दर में साम्य होने के साथ ही साथ स्थापित हो जाता है। क्षैतिज-अवस्था में अर्थात् उत्थान तथा अपरदन की दर बराबर होती है।

इस दशा की अन्तिम सीमा 'ब' रेखा द्वारा प्रदर्शित होती है।

4. चतुर्थ दशा—तृतीय प्रावस्था के समापन के बाद स्थल-खण्ड का उत्थान समाप्त हो जाता है परन्तु अपरदन अब भी दो वक्रों पर (क्षैतिज तथा निम्न बटाव) सक्रिय रहता है। उत्थान के समाप्त हो जाने के कारण अपरदन का कार्य अधिक तेज स्तर पर सम्पन्न होता है तथा जिस गति से दोआब की चोटियों का बटाव होता है तथा उनकी ऊँचाई में ह्रास होता है उसी गति से घाटियों का निम्न बटाव होता है। चूँकि उत्थान रुक गया है तथा अपरदन और अधिक सक्रिय हो गया है,

अतः निरपेक्ष ऊँचाई तैजी में कम होती है परन्तु उच्चावच अव भी स्थिर रहता है, क्योंकि दोनों बक्रों पर कटाव की मात्रा समान है। इस प्रकार दोनों बक्र समान कटाव के कारण समान दर से ऊँचाई में कम होते हैं। चूँकि दोनों बक्रों पर अपरदन समान है, उत्थान दोनों पर नहीं है तथा उच्चावच स्थिर है, अतः दोनों बक्र एक दूसरे के समानांतर होते हैं, परन्तु क्षैतिज अवस्था में नहीं होते क्योंकि उत्थान के अभाव में अपरदन के कारण निरपेक्ष ऊँचाई में तीव्र गति में ह्रास होता है।

5 पंचम दशा—पाँचवीं तथा अन्तिम प्रावस्था में निम्न कटाव मन्द पड़ जाता है, अर्थात् नदियों की घाटियों का गहरा होना रुक जाता है तथा क्षैतिज कटाव अर्थात् नदियों की चौड़ाई का विस्तार होने लगता है। जलविभाजक तथा दोआब की घाटियों तथा कटवों का अपरदन तीव्र हो जाता है, जिस कारण ऊँचाई कम होती जाती है। उसका आकार घिस कर गोल होता रहता है। चूँकि क्षैतिज कटाव अधिक सक्रिय है, अतः ऊपरी बक्र का पतन निचले बक्र से अधिक तेज गति से होता है। इस प्रकार निरपेक्ष ऊँचाई तथा उच्चावच दोनों में निरन्तर ह्रास होता जाता है। कुछ समय तथा दूरी के बाद उच्चावच पूर्णरूप से अदृश्य हो जाता है तथा स्थलखण्ड आकृतिविहीन निम्न भाग (featureless low land) के रूप में परिवर्तित हो जाता है। इसका पेन्क ने 'इण्ड्रम्प' नामकरण किया है। उपर्युक्त पाँचो दशाओं में घटित उत्थान, उच्चावच तथा निरपेक्ष ऊँचाई का सन्निपन्न रूप निम्न रूप में प्रस्तुत किया जा सकता है—

उत्थान	निरपेक्ष ऊँचाई	उच्चावच
प्रथम दशा—	उत्थान सक्रिय बढ़ती है।	बढ़ता है।
द्वितीय दशा—	" " " स्थिर है।	स्थिर है।
तृतीय दशा—	" " " स्थिर है।	स्थिर है।
चतुर्थ दशा—	उत्थान समाप्त पड़ती है।	स्थिर है।
पंचम दशा—	" " तीव्र गति से घटती है।	घटता है।

निष्कर्ष—उच्चावच केवल प्रथम दशा में बढ़ता है, द्वितीय, तृतीय, तथा चतुर्थ दशाओं में स्थिर है, तथा अन्तिम दशा में घटता है। उत्थान तथा निरपेक्ष ऊँचाई में सीधा सम्बन्ध है। इसमें प्रकट होता है कि उत्थान का अपरदन अन्धाधुन्ध अनुकरण करता है। परन्तु यह एक नियम का रूप धारण नहीं कर सकता है, क्योंकि कहीं-कहीं पर असमानताएँ भी मिलती हैं।

एक सीमा के बाद उत्थान रुक जाता है तथा वहाँ से स्थलखण्ड का पतन (Falling) होने लगता है, जैसा कि उपर्युक्त चित्र 177 से स्पष्ट है। १ फ<sup>२</sup> के बाद उत्थान समाप्त हो जाता है। उत्थान तथा अपरदन द्वारा विभिन्न दशाओं में विशेष प्रकार के ढालों का निर्माण होता है जो कि स्थलरूप के विकास का कारण बनता है। पेन्क के अनुसार स्थलरूपों का निर्माण ढालों से होता है। पेन्क ने स्थलखण्ड के उत्थान की दर के हिसाब से तीन अवस्थाओं का उल्लेख किया है जिनमें विभिन्न प्रकार के ढालों के निर्माण के कारण विभिन्न प्रकार के स्थलरूपों का निर्माण होता है। इन तीनों दशाओं का सन्निपन्न उल्लेख आवश्यक है—

(i) आकस्तीजिन्दे इट्विकलुंग (Aufsteigende Entwicklung)—यह स्थलखण्ड के तीव्र उत्थान की अवस्था होती है। इस अवस्था में उच्चावच तथा निरपेक्ष ऊँचाई दोनों में वृद्धि होती है, क्योंकि कटाव से उत्थान अधिक होता है। घाटी की तलहटी में दोआब-शिखर के बीच की लम्बवत् (ऊर्ध्वाकार) ऊँचाई में पर्याप्त वृद्धि होती है। घाटी का ढाल उत्तल होता है।

(ii) ग्लोखफामिग इट्विकलुंग (Gleichformige Entwicklung)—इसमें उत्थान समान गति से होता है। फनस्वरूप उत्पन्न ढाल सीधी रेखाओं वाले होते हैं। इसमें निरपेक्ष ऊँचाई सर्वाधिक होती है, परन्तु उच्चावच स्थिर होता है, क्योंकि घाटी का निम्न कटाव तथा दोआब-शिखर का कटाव समान दर से होता है।

(iii) आबस्तीजिन्दे इट्विकलुंग (Absteigende Entwicklung)—यह स्थलखण्ड के उत्थान की अन्तिम अवस्था होती है जिसमें स्थलखण्ड का पतन होता है, क्योंकि अपरदन अधिक होता है। मुख्य नदी प्रवणित अवस्था में पहुँच जाती है। घाटी का निम्न कटाव समाप्त हो जाता है। गुरुत्व-ढालों (Gravity slopes—originally in German Bosch ungen) का विकास होता है। दोआब-शिखर (Interfluvial summits) की ऊँचाई में पर्याप्त ह्रास होता है। क्षैतिज कटाव द्वारा गुरुत्व-ढाल ढोले की ओर खिसकते हैं जिसमें उनके आधार (Base) पर वाश ढाल (Wash slopes) का निर्माण होता है। घाटियों का ढाल अवतल होता है। अन्त में गुरुत्व-ढाल घिसकर इन्सेलवर्ग में परिणत हो जाते हैं। अन्त में जब वाश ढाल (Wash slope—Hald-enhaug) प्रतिच्छेदन (Intersection) करने लगते हैं

अर्थात् एक दूसरे में मिलने लगते हैं तो “इण्ड्रम्प” (Endrumpf) की अवस्था (Davis—peneplain) आ जाती है। इस प्रकार यदि ध्यान से देखा जाय तो ढाल के विकास पर अधिक बल दिया गया है। प्रथम अवस्था में उत्तल, द्वितीय अवस्था में सीधी रेखा वाला (Slopes with straight lines) तथा अन्तिम अवस्था में अवतल ढाल का विकास होता है।

पेन्क के अन्य अपरदन चक्र—पेन्क ने उत्थान की गति तथा कटाव की गति के सम्बन्ध में कई “संयोग” (Combinations) को मान कर कई चक्रों की कल्पना की है। कई चक्रों का उल्लेख आत्म पत्र में चक्र की समस्या की गुलझाने के लिए किया गया है। पेन्क महोदय ने यूरोप के कई भागों का अध्ययन करके अपने महत्वपूर्ण मत का प्रतिपादन किया है। प्रथम चक्र में पेन्क ने स्थलखण्ड के ऊपर उठने की क्रिया को एक सम्बन्धी क्रिया माना है। यह चक्र आत्म के मध्य भागों में मध्य प्रमाणित हुआ है परन्तु उनमें सीमान्त भागों में वह प्रमाणित नहीं हो पाता है अतः उनमें निराकरण के लिये पेन्क ने अन्य कई चक्रों का उल्लेख किया है, जिनका संक्षिप्त उल्लेख किया जा रहा है—

**द्वितीय चक्र**—इस चक्र में स्थलखण्ड का संवेष्ट उत्थान थोड़े समय में हो जाता है। धूँक पहले चक्र में उत्थान दीर्घकालिक था, अतः इस चक्र की दशाएँ प्रथम में प्रमाणित भिन्न होगी। इस चक्र में दोआब-शिखर मुकीले नहीं हो पाते हैं क्योंकि प्रारम्भिक अवस्था में जब घाटियों के ढाल खड़े होते हैं तो घाटियों का चौड़ा होना अधिक सक्रिय नहीं हो पाता है। इस प्रकार यह चक्र सीधे मोलाकार रूप में परिवर्तित हो जाते हैं।

**तृतीय चक्र**—इस चक्र में स्थलखण्ड का उत्थान धीरे-धीरे होता है। इस दशा में स्थलखण्ड, जिस दर से ऊपर उठता है उतनी ही दर से घाटियों की तलहटी गहरी होती जाती है तथा घाटियों का चौड़ा होना, उसके गहरे होने से (क्षैतिज कटाव, सम्भवत् या निम्न कटाव में अधिक होता है) अधिक तेज रफतार से होता है। इस प्रकार जिस दर से चौड़े दोआब (Interfluvies) ऊपर उठते हैं उसी दर से नीचे गिरने लगते हैं, जिस कारण कभी भी मुकीले आकार वाले उच्चावच का आविर्भाव नहीं हो पाता है। विशेष अध्ययन के लिए देखिये अभ्यास “हाल-मिरलेप”।

पेन्क के अपरदन चक्र का मूल्यकर्म—पेन्क महोदय तथा डेविस महोदय के चक्रों की यदि तुलनात्मक दृष्टि

में व्याख्या की जाय तो स्पष्ट हो जाता है कि दोनों में महान् अन्तर है। पेन्क महोदय का “चक्र” जितना पुस्तक के पृष्ठों पर दिल्चस्प तथा रोचक लगता है, उतना वह वास्तविक रूप में स्थलरूप में विकास में सत्य मिट्ट हो सकेगा? आशङ्का का विषय है। यद्यपि पेन्क महोदय का स्थलखण्ड के उत्थान के साथ ही अपरदन की क्रिया का सक्रिय होना मानना डेविस द्वारा की गई गतियों का समाधान कर देता है परन्तु पेन्क द्वारा स्थलखण्ड के ऊपर उठने वाली छाटों के गहरे होने या स्थलखण्ड के उत्थान की दर तथा निम्नीकरण की दर के सम्बन्ध को व्याख्या नितान्त भ्रामक है। कभी दोनों चक्र पर अपरदन बराबर है तो कभी असमान है। यह अवधारणा केवल पेन्क ने अपने मत की पुष्टि के लिए ही की है, जो कि मायद नहीं है वास्तव में पेन्क के विचार कान्फर्मिक अधिक है, सत्य कम। पेन्क के विचार जर्मन भाषा में सम्पादित है, अतः वर्तमान समय तक उनका पश्याप्त प्रचार भी कम हुआ है नकारा जाय कि भाषा की कठिनाई में उन्हें समझने में कठिनाईयाँ होती हैं। निम्न पक्तियों में डेविस तथा पेन्क के “चक्र” की तुलनात्मक व्याख्या प्रस्तुत की जा रही है—

#### डेविस का चक्र

- (i) डेविस के अनुसार (1) स्थलखण्ड का उत्थान अपरदन से पूर्व स्थलखण्ड का उत्थान समाप्त हो जाता है अर्थात् अपरदन तथा उत्थान साथ-साथ नहीं चलते हैं।

#### पेन्क का चक्र

(1) स्थलखण्ड का उत्थान अपरदन साथ-साथ चलते हैं, अर्थात् अपरदन उत्थान की समाप्ति की प्रतीक्षा नहीं करता है, वरन् जैसे ही स्थलखण्ड ऊपर उठता है, अपरदन प्रारम्भ हो जाता है। कुछ समय बाद उत्थान समाप्त हो जाता है तथा चक्र के अन्त तक केवल अपरदन चलता है।

- (ii) उत्थान का समय कम अवधि का होता है। उत्थान का समय लम्बा भी हो सकता है, कम भी तथा मध्यमवर्गीय भी।
- (iii) उत्थान की गति अत्यन्त तीव्र होती है। उत्थान की दर असमान होती है। कभी तीव्र अर्थात् छोटी अवधि गति में उत्थान होता



- के अन्दर ही उत्थान है तो कभी मन्द गति समाप्त होता है। मे।
- (iv) स्थलरूप, संरचना (iv) स्थलरूप उत्थान की दर प्रक्रम तथा अवस्थाओं के सम्बन्ध का प्रतिफल का प्रतिफल होता है। होता है।
- (v) 'चक्र' का प्रारम्भ (v) 'चक्र' का प्रारम्भ फैलते संरचनात्मक दृष्टि से हुए गुम्फ में उत्थान विभिन्न इकाइयों पर या भाइमारूप से होता होता है। है जो कि आरम्भ में आकृति-विहीन स्थलखंड होता है।
- (vi) 'चक्र' का प्रारम्भ (vi) पेन्क में अपरदन में तना समापन तीन युवायस्था, प्रोडायस्था विभिन्न अवस्थाओं, तथा जीर्णविरस्था के रूप में चक्रीय परिवर्तन से युवायस्था, प्रोडायस्था तथा जीर्णविरस्था में चक्रन का प्रयास किया होता है। है। अर्थात् अवस्था का उल्लेख नहीं किया है, वरन् स्थलखंड के उत्थान को तीन दशाओं में दर्शाया है तथा डेविस की नामावली में विभिन्न नामावधियों का उल्लेख किया है—1. आक्स्ती-जिन्डे (बढ़ती गति से उत्थान) 2. स्लीप-पासिंग (गमान गति से उत्थान) तथा 3. आक्स्तीजिन्डे (घटती दर से उत्थान)।
- (vii) डेविस ने चक्र में अपने (vii) पेन्क में ढालों की प्रमुख ढालों को प्रमुख स्थान दिया है। स्थलरूप ढालों में ही बनते हैं। अपर्युक्त तीन दशाओं में अपरदन तथा उत्थान से क्रमशः, उत्तन ढाल, सीधी रेखा वाले ढाल तथा अवतल ढाल होते हैं।
- (viii) डेविस के चक्र में केवल (viii) पेन्क के चक्र में 5 तीन दशाएँ होती हैं, दशाएँ होती हैं, जिनमें जिनमें प्रथम तथा केवल प्रथम दशा में द्वितीय दशा में उच्चावच बढ़ता है वच बढ़ता है तथा तथा द्वितीय, तृतीय तीसरी दशा में घटता तथा चतुर्थ दशाओं में है। कहीं भी उच्चावच स्थिर रहता है एवं स्थिर नहीं रहता। अन्त में घटता है।
- (ix) अपरदन प्रथम अवस्था (ix) अपरदन सभी अवस्थाओं में होता है।
- (x) डेविस ने चक्र की (x) पेन्क ने इनकी पहचान अन्तिम अवस्था की के लिए इम्प्रूप (En-purp) की कल्पना पेनीप्सेन की रूपना की है। की है।

**निरुक्ति—**उपर्युक्त तुलनात्मक विवरण से यह स्पष्ट हो गया है कि दोनों मनो में पर्याप्त विभेद है। इसी कारण से डेविस को 'अपरदन-चक्र' की संकल्पना का पिता या मास्टर कहा जाता है तथा पेन्क को उसका विरोधी कहा जाता है। दोनों विद्वानों ने मनो के अन्तर का मुख्य कारण दोनों के कार्य-क्षेत्र में अन्तर को ही बताया जाता है। वास्तव में डेविस महोदय अमेरिका की भूपृष्ठीय संरचना में पर्याप्त अन्तर से प्रभावित हुए थे तथा इसी कारण से स्थलरूप के विकास में संरचना का प्रमुख स्थान बताया है। इतने विपरीत पेन्क महोदय मध्य यूरोप के पर्वतों की सामान्य संरचना से प्रभावित हुए थे। वास्तव में पेन्क का प्रमुख उद्देश्य 'स्वाकृतिक भूनिर्द' के पिछले इतिहास का उनके (स्वाकृतिक भूनिर्द) तृतीय श्रेणी के उच्चावच के द्वारा ज्ञान प्राप्त करना है अर्थात् वर्तमान स्थलाकृति का पहले क्या रूप था तथा उसका भूगर्भिक इतिहास किस प्रकार का था? इस प्रकार पेन्क का विचार वर्तमान में भूतत्व की ओर है। इसी कारण से पेन्क की संकल्पना की रुढ़िवादों तथा भूतकाल से सम्बन्ध रखने वाली बताया जाता है जो कि "पृष्ठ दृष्टि वाली संकल्पना" (Backward looking concept) है। इसके विपरीत डेविस का प्रमुख उद्देश्य स्थल के वर्तमान रूप से है तथा स्थलरूप का सर्वप्रथम आविर्भाव वहाँ की संरचना के आधार पर प्रक्रम (process) तथा अवस्था के अनुसार होता है। इस प्रकार डेविस का मत वर्तमान

से सम्बन्धित है जो कि एक अग्रिम दृष्टि वाला (Forward looking concept) मत है।

अपरदन चक्र की आलोचना, उसमें संशोधन तथा परिमार्जन एवं अभिनव विचारों के लिए देखिये हम पुस्तक का द्वितीय अध्याय (स्थलरूपों के विनाश के सिद्धान्त) जिसमें डेविस तथा पेंक के सिद्धान्तों के अलावा किंग का 'भूवास्तविक सिद्धान्त', हेक का 'भूवास्तविक मॉडल', पामबिचरट का 'मनश्च सिद्धान्त', मोरिसावा का 'विवर्तन भूवास्तविक मॉडल' तथा शुम का 'खण्डकारी अपरदन मॉडल' पठनीय है।

### अपरदन चक्र की बाधाएँ

#### (Interruptions of the Cycle of Erosion)

सामान्य रूप से अपरदन के एक पूर्ण चक्र में उभरा हुआ स्थलखण्ड अपरदन द्वारा, पुनःस्थापना, प्रोडावस्था तथा जीर्णोद्धार से होकर एक समतल मैदान (Peneplain) के रूप में परिवर्तित हो जाता है। यह अपरदन-चक्र की सामान्य स्थिति है तथा इसका पूर्ण होना प्रकृति की दया पर निर्भर करता है अर्थात् अपरदन चक्र तभी पूर्ण हो सकता है जबकि दीर्घ भूगर्भिक काल तक विवर्तनिक स्थिरता (tectonic stability) रहे। दूसरे शब्दों में, स्थलखण्ड दीर्घ काल तक स्थिर दशा में रहे। प्रकृति शायद ही अपरदन चक्र को सामान्य रूप से पूर्ण होने देती है। चक्र की किमी भी अवस्था में कई कारणों द्वारा बाधा (Interruption) उपस्थित हो जाती है, जिससे चक्र अमूर्तित हो जाता है तथा पुन नई अवस्था का सूत्रपात हो जाता है। अगर स्थलखण्ड में सागरतल से अर्थात् आधार तल (Baselevel) में ऊपर उठान होता है तो कई सम्भावनाएँ हो सकती हैं या तो उस अवस्था का, जिससे होकर चक्र चल रहा है, समय सम्बा हो जाय या पुन उसमें पहले वाली अवस्था की पुनरावृत्ति हो जाय। इसी प्रकार स्थल-खण्ड का सागर-तल से नीचे की ओर अग्रोगमन होता है तो चक्र की अगली अवस्था आ जाती है तथा वह जीर्ण पूर्ण हो जाता है। कभी-कभी यह भी होता है कि चक्र दूसरी अवस्था (प्रोडावस्था) में चल रहा होता है, परन्तु अचानक उसमें विघ्न पड़ने से वह नवीय अवस्था में आकर प्रथम अवस्था में पहुँच जाता है तथा अपरदन-कार्य सर्वाधिक सक्रिय हो जाता है। इस प्रकार चक्र की किसी भी अवस्था में बाधा उपस्थित हो सकती है। पृथ्वी की स्थिरता के कारण प्रायः चक्र में बाधा उपस्थित हो ही जाती है। यही कारण है कि पूर्ण चक्र कम होते हैं तथा

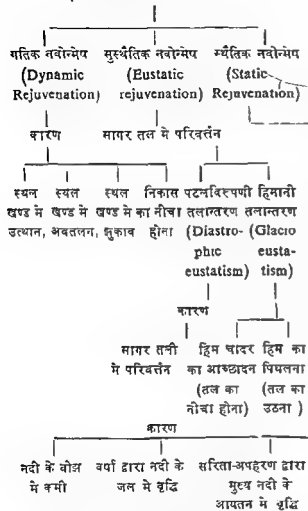
रूकावट वाले या बाधा वाले चक्र (Interrupted cycles) ही अधिक सम्भव होते हैं। इस प्रकार बाधा उपस्थित होने में एक ही स्थान पर कई चक्र चलते हैं। एक के बाद एक चक्र के कारण उस स्थान के स्थल-स्वरूप में पर्याप्त जटिलता आ जाती है तथा इस प्रकार के चक्र को "बहु चक्र" (Poly cycle) कहते हैं तथा उससे उत्पन्न स्थलाकृति को बहुचक्रीय स्थलाकृति (Poly cyclic landscape) कहते हैं। अगर क्रम में उत्थान तथा अपरदन चक्र की कई बार पुनरावृत्ति होती है तथा क्रमिक रूप में एक स्थान पर कई अपरदन-चक्र पड़ित होते हैं तो उसे "उत्तरोत्तर अपरदन चक्र" या 'क्रमिक अपरदन चक्र' (Successive cycle of erosion) कहते हैं। अमेरिशियन में चार उत्तरोत्तर अपरदन-चक्र के उदाहरण मिले हैं। छोटा नागपुर पठार पर भी कई अपरदन चक्र पूर्ण हो चुके हैं। हजारों ब्राय पठार पर राजनरण्या के पास दामोदर नदी की पुरानी विस्तृत तथा चौड़ी घाटी के अन्दर नवीन तकरी तथा नया घाटी अपरदन चक्र के व्यवधान तथा नवोन्मेष का स्पष्ट उदाहरण है। इसी तरह जबलपुर के पाम नर्मदा नदी की विस्तृत घाटी में धुआधार प्रपात के नीचे भेड़ाघाट का लम्बा गार्न नवोन्मेष तथा चक्र में व्यवधान का परिचायक है। चक्र में बाधा उपस्थित होने का प्रमुख कारण स्थलखण्ड या प्रक्रम (Process) में पुनर्नवोन्मेष (Rejuvenation) का होना है तथा नवोन्मेष कई कारणों से होता है।

डेविस के अनुसार अपरदन के आधार-तल, जो कि प्रायः सागर-तल के बराबर होता है, में किसी भी प्रकार का तथा किमी भी माता में परिवर्तन नये अपरदन-चक्र को जन्म दे सकता है, चाहे प्रारम्भिक चक्र पूर्ण हुआ हो या नहीं। यद्यपि अपरदन-चक्र को समय के रूप में व्यक्त करना कठिन कार्य है तथा व्यापकगत नहीं है तथापि किसी स्थान विशेष में वास्तविक चक्र की अवधि का रेडियो सक्रिय तिथिकरण (Radio active dating) द्वारा सामान्य बोध हो सकता है। इस प्रकार में दो बाधा या रूकावटों के बीच बाने समय को 'उप-चक्र' (Sub cycle) कहते हैं। चक्र में रूकावट डालने वाली घटनाओं को दो योगियों में विभाजित किया जाना है—

1. आधार तल में सामान्य परिवर्तन की स्थिति को चक्र की बाधा या रूकावट (Interruption of cycles) कहा जाता है तथा
2. जलवायु और ज्वालामुखी सम्बन्धी परिवर्तनों को आकस्मिक घटना (Accident) कहा

जाता है। यहाँ पर इन बाधाओं का संश्लिष्ट उल्लेख किया जाता है। यह स्मरणीय है कि नवोन्मेष पर ही अधिक वन दिया जायेगा।

### नवोन्मेष के प्रकार तथा कारण (Causes of Rejuvenation)



आधार तल में परिवर्तन—आधार तल (निम्नतम तल) में सामान्य परिवर्तन भी अपरदन की मात्रा को प्रभावित कर देता है जिससे स्थलरूप तथा प्रक्रम दोनों में नवोन्मेष हो जाता है तथा प्रारम्भिक चक्र का उन्नी स्थान पर एक जाना होता है एवं नवीन चक्र का शीमणेश होता है। आधार तल का परिवर्तन दो तरह का होता है—1. धनात्मक (Positive change) तथा 2. ऋणात्मक परिवर्तन (Negative change)। इनमें से प्रथम का सूत्रपात स्थल खण्ड के आधार तल या सागर तल से नीचे हो जाने से होता है तथा द्वितीय का आविर्भाव

स्थल खण्ड के सागर तल में ऊपर उठने से होता है। स्पष्ट है कि धनात्मक परिवर्तन के समय सागरीय किनारे (Shore line) का प्रसार होता है, जबकि ऋणात्मक परिवर्तन के समय उमका निवर्तन (Retreat) होता है। यहाँ पर दोनों प्रकार के परिवर्तनों का उल्लेख किया जा रहा है।

(i) स्थलखण्ड का उत्थान—यदि किसी स्थान पर नदी द्वारा अपरदन-चक्र चल रहा हो तथा नदियों ने घाटी को गहरा करने के बाद क्षैतिज अपरदन द्वारा घाटियों को चौड़ा करना प्रारम्भ कर दिया हो, साथ ही माय भूपृष्ठीय असमानताएँ दूर हो चली हो अर्थात् चक्र प्रथम दो अवस्थाओं को पार करके जीर्णवस्था में प्रवेश करने वाला हो, तभी अगर अनायास ही स्थल-खण्ड में उत्थान प्रारम्भ हो जाता है तो चक्र में रुकावट पड़ जाती है तथा ममस्त क्षेत्र के उत्थान के कारण नदियों में नवोन्मेष आ जाता है, फलस्वरूप पुनः नदियों का निम्न कटाव प्रारम्भ हो जाता है तथा चक्र पुनः युवावस्था में आ जाता है। निम्न कटाव द्वारा पुरानी घाटियों की तलैटी में नवीन घाटियों का निर्माण होने लगता है। इस प्रकार स्थलाकृति तथा प्रक्रम (यहाँ पर नदी) दोनों में नवोन्मेष आ जाता है। उपर्युक्त विवरण से यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि चक्र की किसी भी अवस्था में यदि अचानक उत्थान द्वारा आधार तल में ऋणात्मक परिवर्तन हो जाता है तो चक्र विभ्रित हो जाता है एवं नवोन्मेष के कारण नूतन चक्र प्रारम्भ होता है। स्थलखण्ड का यह उत्थान महाद्वीपीय अथवा पर्वत-निर्माणकारी हलचलों द्वारा होता है।

(ii) स्थलखण्ड का अवतलन—अवतलन दो तरह का होता है। एक साधारण अवतलन होता है, जिसमें स्थलखण्ड का सागर-तल के नीचे धंसकना आवश्यक नहीं है। दूसरे प्रकार के अवतलन में स्थल-खण्ड का अत्यन्त सागर तल से नीचे हो जाता है। इसे आधारे तल का धनात्मक परिवर्तन कहते हैं। यहाँ पर हम साधारण अवतलन का उल्लेख कर रहे हैं। अगर किसी स्थान विशेष में चक्र अपनी प्रौढ़ावस्था में चल रहा है तथा उसी समय यदि स्थलखण्ड अचानक अवतलित होकर नीचा होकर समोपस्थ स्थलखण्ड के बराबर हो जाता है तो चक्र की अवधि कम हो जाती है तथा शीघ्र ही जीर्णवस्था आ जाती है एवं चक्र समाप्त हो जाता है।

छोटानागपुर पठार पर इस तरह के स्थलखण्ड के उत्पादन द्वारा नवोन्मेष के कई उदाहरण मिलते हैं। जुरैसिक युग के अन्त तक छोटानागपुर पठार पर विस्तृत अपरदन सतह का विकास हो गया था। क्रीटैसियस युग में रांची पठार तथा पालामउ उच्च भाग के पश्चिमी सीमांत भाग पर दक्कन लावा की 152.4 मीटर (500 फीट) मोटी चादर का निक्षेपण हो गया। टर्शियरी युग में हिमालय पर्वतीकरण के कारण इस भाग में भी तीन बार उत्थान की क्रियाएँ घटित हुईं। इनमें से एक उत्थान द्वारा रांची पठार तथा पालामउ उच्चभाग का पश्चिमी भाग अन्य क्षेत्रों की तुलना में 305 मीटर (1000 फीट) ऊँचा उठ गया जिस कारण अपरदन चक्र में व्यवधान हो जाने में नवोन्मेष हो गया। उत्तरी कोयल नदी की महायक नदियों पर जलप्रपात नवोन्मेष के निक प्वाइण्ट के परिचायक हैं (बूढ़ा नदी पर 142 मीटर ऊँचा बूढ़ाघाघ प्रपात, शुतमघाघ प्रपात (36.57 मी०), घोडाघूघरा प्रपात (7.62 मी०), षण्डरा नदी पर धगरी प्रपात (43 मी०), शंख नदी पर सड़नी घाघ प्रपात (61 मी०), कुण्डाई नदी पर वेनरियातंगड़ा प्रपात (46 मी०), जोरी नदी पर जालिमघाघ प्रपात (37 मी०), पाघटा नदी पर निन्दीघाघ प्रपात (45.72 मी०)।

(iii) प्वातामुखी-क्रिया—प्वातामुखी-उद्गार द्वारा लावा आदि के प्रवाह एवं पदार्थों के एकत्रीकरण द्वारा अपरदन चक्र की अवस्था की अवधि का विस्तार हो जाता है। उदाहरण के लिए यदि किसी स्थान विशेष पर नदियाँ अपने विकास की अन्तिम अवस्था में हैं तथा अपने आधार-तल को प्राप्त करके मन्द गति में प्रवाहित हो रही हैं तो अचानक लावा प्रवाह के कारण उनके मार्ग में बाधाएँ उपस्थित हो जाती हैं परन्तु नदियाँ इन बाधाओं को दूर करने के लिए सतत प्रयास करेंगी। फलस्वरूप अपरदन-कार्य पुनः मन्त्रिय हो जायेगा तथा अपरदन-चक्र पुनः प्रोत्साहित हो पड़ेगा जायेगा, जिस कारण समस्त स्थापना का समय बढकर लम्बा हो जायेगा। यह आधार-तल या परिवर्तन भी शृण्णारम्भ ही है, जिससे (यद्यपि कम ही मात्रा में) नवोन्मेष अवश्य होता है।

(iv) विकास का नीचा होना (Lowering of outlets)—विकास का तात्पर्य उस भाग से है, जहाँ से नदियाँ निकलती हैं, जैसे झील आदि से। यदि नदियों के विकास को नीचा कर दिया जाय तो नदी में जल की

मात्रा बढ जाती है तथा नदियों में नवोन्मेष हो जाता है। फलस्वरूप अपरदन-की मात्रा बढ जाती है। इस घटना का सर्वोत्तम उदाहरण ईरी झील तथा उससे निकलने वाली नदियों से दिया जा सकता है। ईरी झील का जल तल उससे निकलने वाली नदियों के लिए स्थानीय आधारतल का कार्य करता है। इस झील से नियाग्रा नदी निकलकर नियाग्रा प्रपात का निर्माण करती है। पृष्ठवर्ती कटाव द्वारा (Backward cutting) नियाग्रा प्रपात एक मीटर की दर से पीछे की ओर अर्थात् ईरी झील की ओर खिसक रहा है। वर्तमान समय में नियाग्रा नदी प्रपात के ऊपर से प्रवाहित होती है। यदि यही दशा चलती रहती तो एक निश्चित समय में नियाग्रा प्रपात समाप्त हो जायेगा तथा यह क्रिया अचानक होगी जिस कारण नियाग्रा नदी का विकास अचानक नीचा हो जायेगा। फलस्वरूप ईरी का अधिकांश जल नियाग्रा में बहने लगेगा। नियाग्रा नदी में नवोन्मेष आ जायेगा, जिसमें घाटी की तली का निम्न कटाव प्रारम्भ हो जायेगा। इस स्थिति के कारण झील के पाम युवावस्था वाली स्थलाकृति होगी परन्तु घाटी के ऊपरी भाग में पुरानी स्थलाकृति होगी इस प्रकार "स्थलाकृतिक विषय विन्यास" (Topographic unconformity) का सृजन होता है।

(v) सागर-तल में परिवर्तन—सागर तल में चढ़ाव (Rise) और उतार (Fall) एक व्यापक घटना होती है, जिसमें प्रायः सारे ज्वाल पर प्रभाव पड़ता है यद्यपि यह प्रभाव सर्वत्र समान नहीं होता है। इसकी सर्वव्यापकता के कारण ही इस घटना को पुरस्कृतिक गति (Eustatic movement) कहते हैं। इसके विपरीत स्थल-खण्ड के उत्थान की घटना स्थानीय होती है। सागर-तल का ऊपर उठना तथा नीचे गिरना हिमानीकरण के फलस्वरूप क्रमशः हिमचादर के पिघलने तथा फैलने के कारण होता है। सागर-तल में परिवर्तन के कारण आधार-तल में परिवर्तन और नदियों में अपरदनात्मक कार्य में पर्याप्त परिवर्तन होते हैं। चूँकि अधिकांश नदियों का स्थायी आधार तल, सागर-तल ही होता है, अतः सागर-तल में परिवर्तन, नदियों के कार्य को प्रभावित करता है। सागर-तल का नीचा होना अधिक महत्वपूर्ण होता है। हिमानीकरण के समय जब हिम युगों का आगमन होता है तो सागर का अधिकांश जल हिमचादर में रूप में महाद्वीपीय भागों पर आच्छादित हो जाता है, जिस कारण सागर-तल नीचा हो जाता

है। सागर-तल के नीचा होने से नदियों में नवोन्मेष आ जाता है एवं निम्न कटाव की क्षमता बढ़ जाती है। इससे विपरीत गर्म जलवायु के आ जाने से हिमचादर पिघलने लगती है जिस कारण सागर-तल ऊपर उठने लगता है। फलस्वरूप आधार-तल के ऊपर उठने में नदियों का निम्न कटाव स्थगित हो जाता है तथा बाढ़ के मैदानों का निर्माण होने लगता है। प्लोस्टोसीन हिमयुग के समय उत्तरी अमेरिका तथा यूरोप महाद्वीपों पर चार बार हिमचादर का पंखाव तथा चार बार उनका खिन्दाव हुआ है।<sup>1</sup> इनमें से प्रत्येक चादर के फैलाव के समय सागर तल में (Fall) बड़े पैमाने पर हुआ था। हिमानीकरण द्वारा सागर-तल में परिवर्तन के कारण कोरल रीफ तथा सागरीय कैनियन (Submarine canyons) के निर्माण हुए हैं। इनका उल्लेख बिस्तार के साथ प्लोस्टोसीन हिमयुग के अध्याय में किया जायेगा। फिस्क महोदय ने संयुक्त राज्य अमेरिका में रेड नदी में चार बेदिकाओं (Terraces) का निर्माण प्लोस्टोसीन हिमयुग में चार बार सागर-तल में परिवर्तन होने के कारण बताया है।

(iv) जलवायु में परिवर्तन—जलवायु में परिवर्तन के कारण अपरदन की मात्रा तथा आधार तल में पर्याप्त अन्तर होते रहते हैं। यदि पृथ्वी पर जलवायु के इतिहास पर दृष्टिपात किया जाय तो स्पष्ट है कि पृथ्वी के ऊपर जलवायु में पर्याप्त परिवर्तन हुए हैं। आर्द्र प्रदेश, शुष्क प्रदेश तथा पुन आर्द्र प्रदेश रह चुके हैं। इसी प्रकार गर्म प्रदेश ठंडे तथा पुन गर्म जलवायु वाले रह चुके हैं। इस तरह के जलवायु में परिवर्तन के कारण नदियों में नवोन्मेष होने में चक्र में बाधा उपस्थित होती रहती है। जलवायु सम्बन्धी परिवर्तन के कारण आधार-तल में जब नवोन्मेष होता है तो उसे स्थैतिक नवोन्मेष (Static rejuvenation) कहते हैं। उदाहरण के लिए किसी आर्द्र भाग में नदी द्वारा अपरदन-चक्र चल रहा है तथा चक्र अपनी प्रौढ़ावस्था में है परन्तु अचानक जलवायु शुष्क हो जाती है तथा जल की पूर्ति रुक जाती है तो चक्र में अनायास रुकावट पड़ जायेगी क्योंकि जल के अपेक्षित आयतन की कमी के कारण नदी का अपरदन-कार्य स्थिति पड़ जायेगा। इस प्रकार यदि कोई शुष्क

भाग है तथा जल की पूर्ति कम है, परन्तु जलवायु के आर्द्र हो जाने पर जल की पूर्ति बढ़ जायेगी और नदियों में नवोन्मेष आ जायेगा, जिससे नदी का निम्न कटाव तथा क्षैतिज कटाव दोनों बढ़ जायेगे। स्थैतिक नवोन्मेष का आविर्भाव तीन परिस्थितियों में तीन विभिन्न कारणों द्वारा होता है।

(अ) नदी की परिवहन-सामग्री की मात्रा में कमी (Decrease in load)—जब तक नदी में वहन-सामग्री अधिक होती है तब तक नदी की गति मन्द होती है तथा उसकी अपरदन की सामर्थ्य कम होती है परन्तु जैसे ही उसकी वहन-सामग्री (Load) में कमी आती है, नदी की गति बढ़ जाने से उसमें नवोन्मेष आ जाता है तथा अपरदन की सामर्थ्य बढ़ जाती है। इस तरह नवोन्मेष हिमयुगों के बाद अधिक हुआ है, क्योंकि हिमयुग के समय नदियों की घाटियों में हिमानीकृत पदार्थों की अधिकता से नदी का बोझ (Load) बढ़ गया था परन्तु अन्तर्हिमयुग (Interglacial period) के समय हिम की चादर के पिघल जाने के कारण वहन-सामग्री में ह्रास हो गया जिस कारण नदियों की घाटियों का निम्न कटाव तीव्रतर हो गया। इस प्रकार घाटियों के ऊपरी भाग में पुरानी ग्रैवेल निर्मित बेदिकाएँ पायी जाती हैं तथा उसके नीचे युवावस्था वाली गहरी घाटियाँ मिलती हैं।

(ब) अधिक जल वर्षा के कारण नदी के जल में वृद्धि—जब सामान्य दृष्टि में किसी समय जल वर्षा में जड़िता हो जाती है तो नदी के जल की मात्रा अधिक हो जाती है। फलस्वरूप नदी अपनी बड़ी हुई गति से वहन-सामग्री को अधिक दूरी तक ढोने में समर्थ हो जाती है। फल यह होता है कि नदी अपने बोझ को मन्द ढालों पर भी बरत कर ले जाती है। इस स्थिति के कारण नदी की घाटी का कटाव (Incision) प्रारम्भ हो जाता है। नवोन्मेष के इस कारण पर विद्वान सहमत नहीं हैं तथा उनका कहना है कि यह एक क्षणिक एवं सामान्य स्थिति होती है। इसमें बड़े पैमाने पर आधार-तल में परिवर्तन नहीं हो सकता है। शूम ने इस तरह की स्थिति को खण्डकात्मिक अपरदन (episodic erosion) कहा है।

(स) सरिता-अपहरण द्वारा नदी के जल में वृद्धि—सरिता-अपहरण की क्रिया द्वारा यह सम्भव होता है कि

#### 1. उत्तरी अमेरिका के हिमयुग

1. नेब्रास्कन (Nebraskan)
2. कन्सान (Kansan)
3. इल्लिन्वायन (Illinoian)
4. विस्कॉन्सिन (Wisconsinian)

#### यूरोप के हिमयुग

1. गुन (Gunz)
2. मिंडल (Mindel)
3. रिस (Riss)
4. ऊर्म (Würm)

एक नदी अन्य नदियों के जल को अपनी ओर खींच ले। इस क्रिया के कारण नदी में जल की गति अनायास ही बढ़ जाती है तथा नवोन्मेष के कारण घाटी का निम्न कटाव तीव्रतर हो जाता है। ओहियो नदी इसका प्रमुख उदाहरण है। त्रिमयुग के पहले ओहियो नदी वर्तमान समय की अपेक्षा अत्यन्त छोटी थी। परन्तु हिमयुग के बाद इस नदी के ऊपरी भाग में कनबाहा (Kanwaba), मोनगेहेला (Monongehela) तथा अलेघनी (Alleghney) नदियों की प्रवाह-प्रणाली के सम्मिलन के कारण निचली ओहियो में जल की मात्रा इतनी अधिक बढ़ गयी है कि निम्न कटाव द्वारा उसकी पहुँचने वाली घाटी में 30 मीटर का निम्न कटाव हो गया, जिससे घाटी गहरी हो गयी है।

### नवोन्मेष द्वारा उत्पन्न स्थलाकृति (Topography due to Rejuvenation)

1 स्थलाकृतिक विसंगति—जब किसी स्थलखण्ड विशेष पर अपरदन-चक्र में नवोन्मेष द्वारा विघ्न पड़ना है तो कई प्रकार की विषम स्थलाकृतियों का आधिभावं होता है। इस प्रकार की स्थलाकृति को 'विषमविव्यता' (Unconformity) या स्थलाकृतिक विसंगति (Topographic discordance) कहते हैं। हमारे शब्दों में नवोन्मेष के कारण घाटी के ऊपरी भाग में तथा उनके समीपस्थ भागों एवं घाटी के निचले भागों में स्थलाकृतिक समानता नहीं पाई जाती है। घाटी का ऊपरी भाग या तो प्रौढावस्था की दशा प्रस्तुत करता है या जीर्णावस्था की परन्तु घाटी के निचले भाग में युवावस्था के लक्षण मिलते हैं। यदि प्रारम्भिक चक्र में नदी अपनी प्रौढावस्था को पार करके जीर्णावस्था में पहुँच गई थी तो क्षैतिज कटाव द्वारा उसकी घाटी पर्याप्त रूप में चौड़ी हो गयी होगी परन्तु नवोन्मेष के चक्र में पुनर्वर्तन हो जाता है तथा उसका निम्न कटाव बढ़ जाता है जिस कारण प्रारम्भिक चौड़ी घाटी में छोटी घाटी का निर्माण हो जाता है। इस प्रकार की स्थलाकृति को 'घाटी के अन्दर घाटी' (Valley in Valley) या 'दो तल्ले वाली घाटी' (Two storey valley), 'दो चक्रिय घाटी' (Two cycle valley) आदि कहते हैं। इन दो घाटियों अर्थात् ऊपर पुरानी तथा नीचे नवीन घाटी का अलग-अलग दान में असम्बद्धता द्वारा होता है। हजारों बाल पठार पर राजस्थान में पास दामोदर नदी की घाटी स्थलाकृतिक विसंगति की परिचायिका है। यहाँ

पर दो तल्ले वाली घाटी का खबमूरत उदाहरण मिलता है। टर्शियरी युग में उत्थान के पूर्व दामोदर नदी ने अपनी चौड़ी, विस्तृत तथा उथली घाटी का निर्माण कर लिया था। टर्शियरी युग में हिमालय पर्वतों के परिणामस्वरूप इस भाग में उत्थान के कारण दामोदर नदी में नवोन्मेष हो गया, जिस कारण दामोदर नदी ने अपनी पुरानी घाटी के अन्दर नवीन मकरी तथा तग घाटी का निर्माण किया है। भेड़ा नदी जलप्रपात बनाती दामोदर नदी में गिरती है। इस प्रकार भेड़ा नदी की घाटी सटक्की घाटी का उदाहरण है। इसी तरह की स्थलाकृतिक विसंगति तथा घाटी के अन्दर घाटी का उदाहरण जबलपुर के पास धूमधारा प्रपात के नीचे नर्मदा नदी की घाटी में भी मिलता है। यहाँ पर स्मरणीय है कि कई बार नवोन्मेष के कारण घाटी के अन्दर घाटी का क्रमशः विकास हो जाता है तथा इनका आकार सोपानाकार होता है। इन सोपानाकार घाटियों के सोपानाकार किनारों को चट्टानी मरचना द्वारा निर्मित नदी की 'सोपानाकार बेदिकाओं' (Bench like terraces) से अलग ही समझना चाहिये। नवोन्मेष द्वारा निर्मित बेदिकाओं का 'शैल सत्तर बेदिकाओं' (Bed rock terraces) कहते हैं जब कि प्रतिरोधी चट्टानों (Resistant rocks) द्वारा निर्मित बेदिकाओं को 'संरचनात्मक सोपान' (Structural benches) कहते हैं। नवोन्मेष द्वारा निर्मित अन्य स्थलाकृतियों को निम्न रूप में व्यक्त किया जा सकता है।

2 उचित समुद्रावधि मैदान—यदि किसी स्थान विशेष पर वर्तमान समय के समुद्रावधि मैदान (Peneplain) के ऊपर प्राचीन समुद्रावधि मैदान परिलभित होते हैं तो उनमें उस भाग का नवोन्मेष स्पष्ट स्पष्ट हो जाता है। प्रायः ऐसा होता है कि एक स्थल खण्ड विशेष पर प्रथम चक्र की समाप्ति के समय निर्मित समुद्रावधि मैदान का उत्थान हो जाता है तथा नदियों में नवोन्मेष आ जाता है, जिस कारण द्वितीय चक्र प्रारम्भ हो जाता है तथा प्रथम पेनेप्लेन से नीचे द्वितीय पेनेप्लेन का निर्माण होता है। इस प्रकार उपर्युक्त क्रिया की पुनरावृत्ति के कारण कई समुद्रावधि मैदान का निर्माण हो जाता है, जो कि निश्चय ही एक दूसरे में अलग बिये जा सकते हैं। वास्तव में यह "उत्तरांतर अपरदन चक्र" (Successive cycle) का उदाहरण है, जिसके अन्तर्गत एक चक्र के समापन के बाद उत्थान हो जाता है तथा पुनः द्वितीय चक्र प्रारम्भ हो

जाता है। इस प्रकार ड्रम में एक चक्र के बाद दूसरे चक्र के चलने की क्रिया को उत्तरोत्तर अपरदन चक्र कहा जाता है। इस प्रकार के चक्र के लिए वे सभी दशाएँ आवश्यक हैं, जिनका उल्लेख नवोन्मेष के कारण तथा उसके मारणी रूप में प्रदर्शनों के समय किया जा चुका है। उत्तरोत्तर अपरदन चक्र द्वारा उत्थित कई मध्याव मैदानों के उदाहरण प्रायः हर महाद्वीप में मिलते हैं। उदाहरण के लिए अफ़ेसियन क्षेत्र में ऊपर में नीचे अथवा प्राचीन से वर्तमान समय के निम्न पेनीप्लेन पाये जाते हैं—

1—स्कूले पेनीप्लेन (Schoolely Peneplain after Schooley Mountains)

2—हैरिसबर्ग पेनीप्लेन (Harnsburg Peneplain after Harrisburg Mountain)

3—सामरविली पेनीप्लेन (Samerville Peneplain)

रांची पठार का पश्चिमी उच्च प्रदेश (पाट-प्रदेश) उत्थित समप्राय मैदान का प्रमुख उदाहरण है। यह प्रदेश मध्य रांची पठार (610 मीटर) से 305 मीटर (पश्चिमी उच्च प्रदेश की 915 मीटर सतह के ऊपर भी 154 मीटर मोटी क्रीटैसियस युगीन लावा की परत है) ऊँचा है। क्रीटैसियस लावा-प्रवाह के पूर्व समस्त रांची पठार एक विस्तृत समतल सतह के रूप में परिवर्तित हो गया था। तदनन्तर टर्शियरी युग में इस पश्चिमी पाट प्रदेश का 305 मीटर तक उत्थान हो गया। परिणाम स्वरूप इस प्रदेश की 915 मीटर की सतह उत्थित समप्राय मैदान का उदाहरण है। उत्तरी कोयल नदी तथा उनकी सहायक नदियों ने इस प्रदेश को निम्न-वर्ती अपरदन द्वारा कई सपाट सतह वाले लघु भागों में विभक्त कर दिया है जिनमें स्थानीय भाषा में पाट (Pat) कहते हैं—जैसे तेनरहाट पाट, खमार पाट, खडो पाट जमीरा पाट, पन्डामी पाट, बागक पाट आदि। इन मैदान या पाट के बिन्दुओं तीव्र ढाल वाले हैं।

3. अघःकृतित विसर्प (Incised Meanders)—“भू-आकृति विज्ञान” में विसर्प (Meanders) की पाँच नामावलियों का प्रयोग किया जाता है तथा ये एक दूसरे में इनके समीप हैं तथा उनमें इनकी समता है कि उनकी अलग करना कठिन कार्य है। इन नामावलियों का प्रयोग विद्वानों ने अपने-अपने ढंग में अलग-अलग रूप में किया है। ये पाँच शब्द इस प्रकार हैं—1. Incised mean-

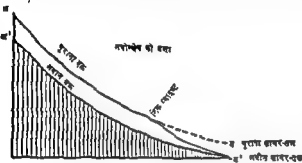
ders, 2. Entrenched meanders, 3. Intrenched meanders, 4. Inclosed meanders तथा 5. Ingrown meanders। जीर्णविम्या में नदी कम गति तथा कम ढाल के कारण मीरे भाग में न प्रवाहित होकर टेरेन्स में होकर बल खाती हुई चलती है। नदी के इन मोड़ों को विसर्प कहते हैं। प्रथम चक्र में नदी चौड़े विमर्षों का निर्माण करती है तथा यदि इस अवस्था में उस स्थल का उत्थान हो जाय तो नदी में नवोन्मेष हो जाता है, जिस कारण वह पुराने चौड़े विमर्ष के अन्दर निम्न कटाव द्वारा दूसरे सँकरे तथा गहरे विमर्ष का निर्माण करती है। इसे अघःकृतित विसर्प (Incised meanders) कहते हैं।

दक्षिणी रांची पठार की दक्षिणी सीमा (विष्ट भूमि के साथ) पर कारो नदी पर स्थित फेरुआघाट प्रताप (18 28 मीटर) के नीचे विमर्षित घाटी पायी जाती है जिसमें अघःकृतित विसर्प का एक अघःकृतित विमर्ष का निर्माण हुआ है। टर्शियरी युग में उत्थान के कारण नवोन्मेष होने में अघःकृतित विसर्प का निर्माण हुआ है।

रात्ररप्पा के पास (हुजारी बाग पठार) दाबोवर नदी का गार्ज अघःकृतित विसर्प का प्रमुख उदाहरण है। मगमरसर जीनिकी में नर्मदा नदी का भेड़ाट गार्ज अघःकृतित विसर्प का सबसे प्रभावी तथा दृश्यमान उदाहरण है।

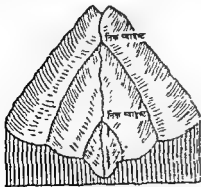
4. निक प्वाइन्ट (Knock point)—प्रत्येक नदी के उद्गम स्थल में मुड़ाने तक के मार्ग में एक बड़ा बहा जाता है। नदी का आधार तल या कटाव की अस्तित्व सीमा मागर-तल में निश्चित होती है। नदी के इस मुड़ाने में उद्गम-स्थल वाले बहा का घाटी को अनुदैर्घ्य परिच्छेदिका (Long profile) तथा घाटी के चौड़ाई वाले भाग को अनुप्रस्थ परिच्छेदिका (Transverse profile) कहते हैं। जब नदी अपरदन द्वारा अपने आधार-तल को प्राप्त हो जाती है तो उसे प्रवर्णित नदी (Graded river) कहते हैं। नदी का आधार-तल बहा के रूप में होता है। जब नदी के आधार-तल में सहायक परिवर्तन होता है। अर्थात् मागर-तल नीचे चला जाता है या मार्ग में स्थल खण्ड में उत्थान हो जाता है तो नदी में नवोन्मेष आ जाता है तथा नदी अपने नये आधार-तल से मागर-तल स्थापित करने या प्रयास करने लगती है (नया आधार-तल अब नये मागर तल के बराबर होता है)। क्षतस्वरूप नदी के एक नये बहा का निर्माण हो जाता

है क्योंकि पहले आधार-तल से परिवर्तन हो चुका है। चूंकि इस बार आधार-तल से श्रृणात्मक परिवर्तन हुआ है अतः नया आधार-तल, प्रारम्भिक आधार-तल अर्थात् नया चक्र पहले चक्र से नीचा होता है। नवोन्मेष के कारण नदी का शीर्ष की ओर अपरदन (Headward erosion) होने से नया चक्र पुराने चक्र की स्थानापूर्ति करता रहता है। जहाँ पर दोनों चक्र मिलते हैं वहाँ पर ढाल में अचानक अन्तर आ जाता है क्योंकि पहले चक्र में दूसरा चक्र नीचा होता है। इस ढाल-परिवर्तन वाले स्थान को निक प्वाइन्ट (Knick Point) कहते हैं। जैसे-जैसे शीर्षवर्ती अपरदन होता है। वैसे-वैसे नया चक्र भी पीछे हटता जाता है, जिस कारण निक प्वाइन्ट भी निरन्तर पीछे (शीर्ष) की ओर हटता जाता है।



चित्र 178—रेखा चित्र द्वारा निक प्वाइन्ट का प्रदर्शन।

निक प्वाइन्ट वास्तव में नवोन्मेष के शीर्ष (Head of rejuvenation) को कहा जाता है। संयुक्त-राज्य अमेरिका में ऐम निक प्वाइन्ट के उदाहरण अल्फ्रेडिन क्षेत्र के पीटमाण्ट तथा तटीय मैदान के मिलन-बिन्दु



चित्र 179—ब्लॉक डाइग्राम द्वारा निक प्वाइन्ट का प्रदर्शन

पर प्रपात-रेखा के सहारे पाये जाते हैं। सागर-तल से श्रृणात्मक परिवर्तन के कारण जब संयुक्त राज्य अमेरिका के अटलांटिक तटीय मैदानों का प्रथम निर्गमन हुआ तो आधार-तल में परिवर्तन हो गया जिस कारण नदियों में नवोन्मेष आ गया। फलस्वरूप नदियों ने शीघ्र ही अपना नये आधार-तल से सामंजस्य तटीय मैदान में कटाव करके कर लिया तथा प्रथम नवोन्मेष शीर्ष की स्थिति पीटमाण्ट के पूर्वी ढाल पर हुई, जिससे समस्त अल्फ्रेडिन के सहारे उत्तर-पूर्व से दक्षिण-पश्चिम दिशा में एक क्रमबद्ध श्रृंखला के रूप में प्रपात रेखा का निर्माण हो गया। निक प्वाइन्ट प्रपात के लिये उचित दशा उपस्थित कर सकते हैं, परन्तु यह स्मरण रखना होगा कि प्रतिरोधी चट्टानें निक प्वाइन्ट के पीछे हटने की गति में कमी कर सकती हैं परन्तु ये उनके आविर्भाव का कारण कदापि नहीं बन सकती हैं।

रांची पठार की स्वर्णरेखा नदी पर दुष्टकृपाय प्रपात (76.67 मीटर), गंगा तथा राप्ता नदी के संगम पर जोन्हा या गौतम धारा प्रपात (25.9 मीटर) एवं कांडो नदी पर दासम प्रपात (दो प्रपात 39.62 तथा 15.24 मीटर) निःस्पाइन्ट एवं नवोन्मेष के शीर्ष को प्रदर्शित करते हैं। यदि मानचित्र पर इन प्रपातों की स्थितियों को देखा जाय तो ये ३० पू० से ६० पू० दिशा में एक सीधी रेखा पर पड़ते हैं। इनमें उषय विशेषताये पायी जाती हैं (सीघ्र नम्रवत प्रपात, कण्ठित संरचना (truncated structure) प्रपात व नीच तथा गहरे घाटी वाले मार्ग आदि)। ये प्रपात दक्षिणो घुग के उद्गम को इंगित करते हैं। प्रपातों का पड़ने में स्पष्ट प्रतीत होता है कि इन बिन्दुओं पर उन नदियों में नवोन्मेष हुआ है तथा पृष्ठवर्ती अपरदन के कारण ये प्रपात पीछे हट रहे हैं।

यदि उत्तरी कोयल नदी का महायक बूझा नदी के उद्गम से उमरे ३० कोयल के साथ संगम तक अनुदैर्घ्य परिच्छेदिका का अवलोकन किया जाय तो निक प्वाइन्ट की तीन स्थितियाँ मिलती हैं तथा ये निक प्वाइन्ट तल प्रपात के रूप में मिलते हैं जिनकी ऊँचाइयाँ उद्गम से संगम की ओर घटती जाती हैं। नदी के सबसे ऊपरी मार्ग में बूझायाय प्रपात (142 मीटर) प्रथम निःस्पाइन्ट को इंगित करता है। यहाँ बूझा नदी ने 915 मीटर (3000 फीट) ऊँच (प्रेनाइटीम संरचना पर) भाग को काटकर उक्त प्रपात का निर्माण किया है। नदी के



मार्ग के मध्य भाग में दूसरा निकल्वाइण्ट सुगाबन्ध प्रपात (12.19 मी०) के रूप में मिलता है। तीसरा निकल्वाइण्ट नदी के निचले मार्ग में मिलता है। ६०५० विहार के रोहतास पठार में निकलकर जो नदियाँ (सुरा ५०, सुरा ५००, दुर्गावनी आदि) उत्तर की ओर बहती हैं उन पर एक रेखा के सहारे (जहाँ पर ये पठार को छोड़ कर उत्तरी मैदान में प्रविष्ट होती हैं) प्रपातों के रूप में निकल्वाइण्ट मिलते हैं। इसमें सबसे बड़ा निकल्वाइण्ट औसतने नदी (जो पठार से निकलकर दक्षिण दिशा में बहती हुई सोन नदी में मिलती है) पर बबारीडाह (180 मीटर) प्रपात के रूप में है।

**अपरदन-चक्र की समाप्ति (Termination of cycle of Erosion)** —अपरदन-चक्र पर प्रस्तुत किये गये अब तक के विवरणों से स्पष्ट हो चुका है कि चक्र के पूर्ण होने के लिये पर्याप्त समय की आवश्यकता होती है। इस बीच चक्र में बाधा या रुकावट उपस्थित होने के बजाय उसके अचानक समाप्त हो जाने की अधिक सम्भावना रहती है। डेविस महोदय ने चक्र के इस समाप्ति के लिये "आकस्मिक घटना" (Accident) शब्द का प्रयोग किया है। उन्होंने बताया है कि जलवायु परिवर्तनों तथा ज्वालामुखी-क्रिया द्वारा अपरदन-चक्र बिना पूर्ण हुए ग्रीष्म समाप्त हो सकता है। स्थल-खण्ड के सागर के नीचे अधोगमन (Submergence) द्वारा तथा जटिल स्थल विरूपण (Complex diastrophism) द्वारा भी चक्र का अनायास ही समाप्त हो सकता है परन्तु इस विचारधारा को मान्यता नहीं दी जा सकती है। हो सकता है ज्वालामुखी उद्गार से लावा-प्रवाह द्वारा स्थलखण्ड आच्छादित हो जाय परन्तु प्रवाह के समाप्त के बाद नदी पुनः उस पर अपना कार्य स्थापित कर सकती है तथा चक्र पुनः आरम्भ हो सकता है। इसी प्रकार आर्द्र जलवायु का शुष्क जलवायु में परिवर्तन चक्र को समाप्त नहीं कर सकता वरन् नदियों के कार्य में परिवर्तन हो सकता है।

**अपरदन-चक्र की आलोचना तथा गतिक संतुलन सिद्धान्त (Dynamic Equilibrium Theory)**

वेन्क ने यद्यपि डेविस की "चक्रीय संकल्पना" का खण्डन किया किन्तु "अपरदन चक्र" के अस्तित्व को स्वीकार अवश्य किया। पिछले तीन दशक में अपरदन-चक्र की बहुत आलोचना हुई है और कुछ विद्वानों ने तो अपरदन-चक्र को या तो अस्वीकार कर दिया है या कम से कम विकट (संरचना, प्रक्रम तथा अवस्था) में "अवस्था"

(समय) को अवश्य हटा दिया है। इस तरह की अतिवादी विचारधारा का उदय क्षेत्रों में स्थलरूपों के सर्वेक्षण तथा मापन और अध्ययन का प्रतिफल है। वास्तव में प्रारम्भिक प्रवक्ताओं ने स्थलरूपों के वास्तविक वैज्ञानिक अध्ययन के बिना ही उनके विकास की आवश्यकता से अधिक साधारणीकरण कर दिया था। इतना ही नहीं स्थलरूपों को प्रभावित करने वाले प्रक्रमों के कार्यान्वयन का भी भलीभाँति अध्ययन उपेक्षित ही था। चक्रीय संकल्पना ने स्थलरूपों के ऐतिहासिक विकास कालानुक्रम अनाच्छादन पर ही अधिक बल दिया और चक्र के अन्त में "समप्राय मैदान" के अस्तित्व को मान लिया गया परन्तु उनमें उत्पन्न होने की संदिग्धता बनी ही रही। कुछ आधुनिक भू-आकृति विज्ञान वेत्ताओं (हैक, स्टुलर, शोर्ले) ने स्थलरूपों के ऐतिहासिक विकास की विभिन्न अवस्थाओं को अस्वीकार करके "प्रक्रम-रूप प्रणाली" को प्राथमिकता दी है तथा यह प्रतिपादित किया है कि स्थलरूपों के निर्माण में "अवस्था" (समय) का महत्त्व नहीं होता है, अर्थात् स्थलरूप समय पर आधारित नहीं होता है। इन्होंने बताया है कि जब तक अनाच्छादनात्मक प्रक्रमों को नियन्त्रित करने वाले कारक समस्थिति में होते हैं, (अर्थात् उनमें परिवर्तन नहीं होता) तब तक स्थलरूपों में विशेष ही विकास नहीं होता है (स्थलरूप स्थिर रहते हैं)। इस तरह के विचारों को "गतिक संतुलन सिद्धान्त" (Dynamic equilibrium theory) की माला में परो दिया है। अपरदन-चक्र के सिद्धान्त की आलोचना (पृष्ठ 43-45) तथा उसमें सुशोधन (पृष्ठ 47-49, 54-65) तथा गतिक संतुलन सिद्धान्त (पृष्ठ 38-40, 49-56) की विशद व्याख्या के लिए इन पुस्तक के द्वितीय अध्याय का अनुशीलन कीजिए।

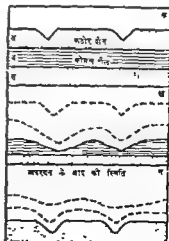
इसका तात्पर्य यह बदायि नहीं है कि स्थलरूपों में परिवर्तन होता ही नहीं। अपरदन तथा दान-निवर्तन (Retreat) द्वारा स्थलरूपों में परिवर्तन अवश्य होता है, परन्तु चूँकि स्थलरूपों के विभिन्न भागों में अवनयन (Lowering) समान रूप से होता है, अतः यह आवश्यक है कि स्थलरूप एक ऐसी नायुक समस्थिति में हो जिन पर "ऊर्जा संतुलन" (Energy balance) पूर्णतया स्थापित हो जाय। उदाहरण के लिये यदि किसी ढाल पर अपरदनात्मक प्रक्रम सक्रिय हो तो दोनों प्रक्रमों की ऊर्जा में संतुलन होना चाहिये अर्थात् अपरदन से प्राप्त मनवा इतना ही हो कि उसका परिवहन आसानी से हो

सके। यदि किमी स्थान में कठोर क्वार्ट्जाइट और कोमल ग्रेन चट्टानें हों तो दोनों का अपक्षय तथा प्राप्त मलबा का परिवहन समान गति से तभी हो सकता है जबकि क्वार्ट्जाइट पर अतिरिक्त ऊर्जा लगाई जाय, और चूँकि दोनों पर से मलबा का स्थानान्तरण समान गति से होना चाहिये ताकि 'ऊर्जा संतुलन' बना रहे तो निश्चय ही क्वार्ट्जाइट शैल वाले भाग की ऊँचाई अधिक और ढाल तीव्र होना चाहिए (हैक 1960)।

स्थलरूपों के 'ऊर्जा संतुलन' को नियंत्रित करने वाले कारकों में शैल प्रकार, सघनता, नतिकोण, शैल की प्रवेश्यता, जलवायु, वनस्पति, अपरदन की दर आदि प्रमुख होते हैं। 'गतिक संतुलन' में यहाँ पर व्यवधान आ सकता है, क्योंकि ये कारक स्वयं स्थिर नहीं हैं। इनमें आये दिन परिवर्तन होते रहते हैं। ऐसी स्थिति में 'ऊर्जा संतुलन' विक्षुब्ध हो सकता है, परन्तु समयों का कहना है कि कुछ नम्बो अवधि ऐसी अवश्य होती है, जिस समय ये कारक स्थिर रहते हैं और ऐसी दशा में निश्चय ही स्थलरूप समस्थिति में होते हैं। यदि उनमें परिवर्तन होता भी है, तो स्थलरूपों का विकास एक निश्चित रूप की ओर अभिसर नहीं होता है, वरन् वे नई दशाओं के साथ अपने को समायोजित करने का प्रयास करते हैं। इस प्रक्रिया के दौरान उनके रूप में कुछ परिवर्तन अवश्य हो जाता है। उदाहरण के लिये यदि एक ऐसे स्थान को लिया जाय, जहाँ पर चट्टानों के तीन स्तर (अ, ब, स) क्षैतिज रूप में बिछे हों (चित्र 180)। ऊपरी तथा निचले स्तर कठोर बालुका पत्थर के तथा मध्यवर्ती स्तर मृत्तिका शैल के बने हों। अपरदन के कारण ऊपरी स्तर पर तंग गहरी घाटियों का विकास होता है, क्योंकि कठोरता के कारण क्षैतिज अपरदन अधिक नहीं हो पाता है। घाटियों के पार्श्व तल तीव्र होते हैं। ये स्थलरूप तब तक स्थिर रहेंगे जब तक कि ऊपरी कठोर स्तर का पूर्ण-तथा अनाच्छादन नहीं हो जाता है। परन्तु जैसे ही मध्यवर्ती कोमल स्तर अपरदन में लिये प्राप्त हो जाती है, उसका क्षैतिज अपरदन प्रारम्भ हो जाता है, घाटियाँ चौड़ी हो जाती हैं, घाटीपार्श्व ढाल मन्द हो जाता है तथा उच्चावच का अवनयन हो जाता है। मध्यवर्ती स्तर का अनाच्छादन हो जाने में निचला कठोर स्तर अपरदन से प्रभावित होता है। पुनः इस स्तर पर छडे़ ढाल वाली गहरी घाटियों का निर्माण ऊपरी स्तर के समान हो जाता है। यहाँ पर सभी कारक स्थिर रहे हैं। केवल शैल प्रकार में ही परिवर्तन हुआ

है। स्थलरूपों में निश्चित क्रम में विकास नहीं हुआ है, वरन् उन्होंने बदलती परिस्थितियों में समायोजन स्थापित किया है ताकि संतुलन की स्थिति बनी रहे। इसी तरह अन्य कारकों में परिवर्तन हो सकता है, परन्तु इनका प्रभाव इतना जटिल होता है, कि वे एक दूसरे की प्रति संतुलित (Counter balance) करते रहते हैं और स्थल-रूप समस्थिति में बना रहता है।

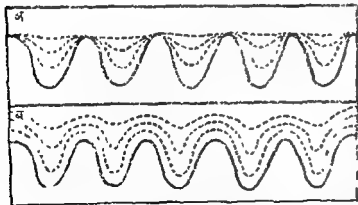
'गतिक संतुलन सिद्धान्त' के भाग में भी अनेक कठिनाइयाँ हैं। उपर्युक्त घटना-चक्र तभी सम्भव है कि जबकि 'आधार-तल' स्थायी हो और उपर्युक्त शैल-स्तर (नीचे) आधार-तल में ऊपर तथा माथर तट से दूर हो ताकि निम्नवर्ती अपरदन अबाध गति से निचले स्तरों पर अभिसर हो सके। परन्तु ऐसा भी तो हो सकता है कि उपर्युक्त शैल-स्तर सागर-तट के पास हो और यदि आधार-तल को स्थायी मान लिया जाय और शैल-स्तर उत्पन्न रहित हो तो जैसे ही अपरदन मध्यवर्ती स्तर की कोमल शैल पर प्रारम्भ होता है, निम्नवर्ती अपरदन रुक जाता है। यदि इसे मान लिया जाय तो निश्चय ही अपक्षय आदि से ढाल-पतन होगा और पेनोप्लेन का निर्माण हो जायेगा तथा अपरदन चक्र की संकल्पना को नियंत्रित करना ही पड़ेगा। गतिक संतुलन सिद्धान्त के समर्थक कह सकते हैं कि 'आधार-तल' स्थायी नहीं होता है। यदि मध्यवर्ती शैल के बाद आधार-तल में अवनयन मान लिया जाय तो क्या गरिता-अपरदन में रेजुवेनेशन (Rejuvenation) की क्रिया को झुटकाया जा सकता है ?



चित्र 180—गतिक संतुलन सिद्धान्त के अनुसार स्थलरूपों का विकास।

क्या यह अपरदन-चक्र का व्यवधान (Interruption of cycle) नहीं माना जायेगा ? निश्चय ही इन प्रश्नों के उत्तर देने में 'गतिक संतुलन सिद्धान्त' के समर्थक कठिनाई में पड़ जायेंगे ।

भूतल पर मिलने वाली, "विस्तृत अपरदन-सतह" (Erosion surfaces) गतिक संतुलन सिद्धान्त के सामने प्रश्नोत्तरक जिन्हें उपस्थित कर देती हैं, परन्तु इस सिद्धान्त के समर्थक हैक (Hack, 1960) का मत है कि इन तथा कथित समप्राय मैदानों (Peneplains) का निर्माण अपरदन चक्र के दौरान विकास के कारण नहीं हुआ है । जहाँ कहीं भी समान अवरोध वाली चट्टानें मिलती हों, सरितायें समान दूरी पर हों तथा ढाल समान अधिकतम कोण वाले हों तो अनाच्छादन के कारण समान ऊँचाई वाली सतहों का निर्माण होगा जो कि समप्राय मैदान की प्रतिनिधि होगी । इस प्रकार की स्थलाकृति को हैक ने "कटक-तंग घाटी स्थलाकृति" (Ridge and ravine topography) कहा है । वास्तव में गतिक संतुलन सिद्धान्त के समर्थक अभी तक स्थलरूपों की विकासीय प्रावस्थायों (Developmental phases) के अस्वीकरण (Rejection) के सही प्रमाण प्रस्तुत नहीं कर सके हैं, अतः अपरदन-चक्र की संकल्पना को फिनहाल पूर्णरूपेण अक्षाम्य घोषित नहीं किया जा सकता है ।



चित्र 181—(अ) विच्छेदित समप्राय मैदान तथा  
(ब) कटक एवं तंग घाटी स्थलाकृति ।

अपरदन-चक्र की अवस्थायों के आकारमिक्त निर्धारक (Morphometric determinants of the stages of cycle of erosion)

महानि अपरदन-चक्र की संकल्पना का छण्डन विश्व-स्तर पर हो रहा है तथापि डेविड द्वारा प्रतिपादित

स्थलरूपों के विकास की संकल्पना का पूर्णरूपेण अस्वीकरण नहीं हो पाया है । यदि स्थलरूप समय-परतंत्र (Time dependent) नहीं होते हैं तो उनके समय-स्वतंत्र (Time-independent) होने की संकल्पना का भी स्थापन नहीं हो पा रहा है । अभी तक ग्लोब के विभिन्न भागों से इतने पर्याप्त आकारमिक्त आँकड़े प्राप्त नहीं हो पाये हैं जिनके आधार पर आकारमिति एवं स्थलरूपों की विकासीय प्रावस्थाओं के बीच के सम्बन्ध की अस्वीकार या स्वीकार किया जा सके । निम्न पक्तियों में रांची पठार के पाँच भौतिक प्रदेशों की 23 प्रवाह बेसिन—1. पश्चिमी ऊँच प्रदेश या पाट प्रदेश—सेन, घाघरा, घोषद बेसिन, 2. मध्य रांची पठार—सख, बाँकी I, साफी लोहागरा, बिरगोरा, जूमर, गंगा बेसिन, 3. दक्षिणी निम्न विच्छेदित रांची पठार—जमजोर, अम्बा-झरिया डोंगाजोर, बाँकी II, उदियागरा बेसिन, 4. पूर्वी निम्न रांची पठार—उडगनगडा, खसा, बाट, डबरा बेसिन तथा 5. उत्तरी एस्काय्मिन्ट प्रदेश—नलकरी बेसिन (सबेयुक्त तथा छाता बेसिन का विस्तार मध्य रांची पठार तथा दक्षिणी निम्न विच्छेदित पठार दोनों पर पाया जाता है) का चयन किया गया है तथा अनेक विभिन्न आकारमिक्त प्राचल (Parameters) एवं बिचर (variables) परिकलित किये गये हैं (चक्रितता सूचकांक, उच्चतामिक्तिक समकल, घर्षण सूचकांक, औसत ढाल, सापेक्ष उच्चावच, प्रवाह-घनत्व, प्रवाह-वहन, सरिता-आवृत्ति आदि) ।

इन आकारमिक्त बिचरों (Variables) के आधार पर रांची पठार के विभिन्न भौतिक प्रदेशों के अपरदन चक्र की अवस्थाओं का निर्धारण करने का व्यावहारिक प्रयास किया गया है । रांची पठार की भूवैज्ञानिक संरचना, निवर्तनिक इतिहास, उच्चावच आदि के लिए देखिए अध्याय 'प्रादेशिक भू-आकारिकी' का शीर्षक 'रांची पठार' एवं

अपरदन सतह के लिए देखिये अध्याय 'अपरदन सतह एवं अनाच्छादन कालानुक्रम' का शीर्षक 'रांची पठार का अनाच्छादन कालानुक्रम एवं अपरदन-सतह का निर्धारण' ।

प्रमुख परिकल्पनाएँ (Major hypotheses)—अपरदन-चक्र की प्रारम्भिक अवस्थाओं में अधिकतम उच्चावच, तीव्र ढाल, उच्च घर्षण सूचकांक, अधिकतम सापेक्ष उच्चावच, निम्न चक्रितता सूचकांक, उच्चतामिक्तिक समकल तथा अनापरदित (unconsumed)

उच्चभाग के उच्च प्रतिशत होते हैं। अपरदन-चक्र की अवस्था के अवसर होने पर (प्रौढावस्था) उपर्युक्त विचरो (Variables) के अनुपात में ह्रास होता है परन्तु चक्रिलता सूचकांक बढ़ता है। चक्र की अन्तिम अवस्था (जीर्णावस्था) में उपर्युक्त विचरो का मान न्यूनतम हो जाता है तथा चक्रिलता सूचकांक अधिकतम होता है।

**चक्रिलता सूचकांक (Circularity Index)**— सामान्य रूप में यह मान्य है कि तरुणावस्था में नदी द्वारा सम्भवतः अपरदन अधिक होता है तथा जलविभाजकों का पीछे की ओर खिसकने का कार्य नहीं होता है जिम कारण नदी का आकार अत्यधिक लम्बाई लिये रहता है और इस तरह चक्रिलता सूचकांक 30 प्रतिशत से कम होता है। जैसे-जैसे समय बढ़ता जाता है तथा चक्र प्रौढावस्था की ओर अग्रसर होता है वैसे-वैसे नदी द्वारा पारवर्तनी अपरदन भी बढ़ता जाता है जिस कारण जल-विभाजक पीछे हटते हैं और प्रवाह-बेसिन के क्षेत्रफल में विस्तार होता है। परिणामस्वरूप बेसिन का आकार नागपाती जैसा होने लगता है। प्रारम्भिक प्रौढावस्था से अन्तिम प्रौढावस्था तक प्रवाह बेसिन का चक्रिलता सूचकांक 30 से 60 प्रतिशत रहता है। जीर्णावस्था में सम्भवतः अपरदन के स्थान तथा धींतिज अपरदन में वृद्धि के कारण प्रवाह बेसिन अपने क्षेत्रफल में सर्वाधिक विस्तार करती है क्योंकि जलविभाजकों का पीछे खिसकना तीव्र गति से सम्पादित होता है। जीर्णावस्था में हम महद्, अधिकतम चक्रिलता सूचकांक (60 प्रतिशत से अधिक) होता है।

स्मरणीय है कि उपर्युक्त आदर्श स्थिति सभी सम्भव हो सकती है जब कि प्रवाह बेसिन को प्रभावित करने वाले अन्य कारक (भूवैज्ञानिक संरचना, उच्चावच, वनस्पति, जलवायु आदि) सामान्य स्थिति में हों। यदि इनमें से कोई भी कारक अपना अन्तर्पक्षित असाधारण प्रभाव डालता है तो चक्रिलता सूचकांक उपर्युक्त आदर्श एवं अभीष्ट स्थिति में नहीं होगा। उदाहरणार्थ बेसिन बेसिन (विशद विवरण के लिए देखिये अध्याय 'प्रारंभिक भू-आकारिकी' का शीर्षक 'बेसिन बेसिन') अपने विकास की अन्तिम अवस्था में है परन्तु उसका चक्रिलता सूचकांक 35 प्रतिशत है। आदर्श स्थिति (बेसिन बेसिन का चक्रिलता सूचकांक 60% में अधिक होना चाहिये) से यह विचलन (deviation) उच्चावच के प्रभाव के कारण है। वास्तव में दो समानान्तर पहाड़ी श्रेणियों (उत्तर में मर्जापुर पहाड़ी तथा दक्षिण में बंभूर श्रेणी)

के मध्य स्थित होने के कारण जीर्णावस्था में होते हुये भी बेसिन बेसिन का चक्रिलता सूचकांक अभीष्ट मान के बराबर नहीं हो पाया है।

**रांची पठार के विभिन्न भौतिक प्रदेशों की प्रवाह-बेसिन के आकार के विभिन्न सूचकांक अध्याय पंच. आकारमिति** में तथा सारणी 19 में उद्धृत हैं। पूर्वी रांची पठार एक समप्राय मैदान है (305 मीटर) परन्तु उड़नगढ़ा (39%) एवं रमसा (25%) बेसिन के न्यूनतम चक्रिलता सूचकांक उक्त प्रदेश के अपरदन-चक्र की अन्तिम अवस्था (जीवास्तविकता है) के द्योतक नहीं है। उड़नगढ़ा नदी दोनों ओर समानान्तर पहाड़ियों से आवृत है जिस कारण उसका सामान्य विकास (क्षेत्रज अपरदन द्वारा) नहीं हो पाया है। इसी तरह रमसा नदी मध्य रांची पठार से निकलकर गंगा घाट वाले सीमान्त से उतरकर पूर्वी रांची पठार पर प्रवाहित होती परन्तु मार्ग में स्थानीय पहाड़ियों के कारण उसका आकार चक्रिल न होकर लम्बा हो गया है। इसी प्रदेश में 'डमर' (75%) एवं बाक (48%) नदियों के आकार की चक्रिलता कुछ सीमा तक सन्तोषजनक है। मध्य रांची पठार एक आदर्श समप्राय मैदान का उदाहरण है। इस पर प्रवाहित होने वाली अधिकांश नदियों में जीर्णावस्था के लिए अभीष्ट चक्रिलता मान के अनुसार (लगभग) अपने आकारों का विकास लिया है (सपु 85% बाकी I 63% लोहागरा 72%, बिरगोरा 64%, जूमर 58%)। गंगा बेसिन (47%) तथा साही बेसिन (53%) के अपेक्षाकृत न्यून चक्रिलता सूचकांक उच्चावच के प्रभाव के कारण हैं। दक्षिणी निम्न स्थित रांची पठार की बाँको II (87%) तथा डोगाजोर (82%) बेसिन के चक्रिलता सूचकांक उक्त क्षेत्र के विकास की अन्तिम अवस्था के द्योतक हैं परन्तु इसी प्रदेश की अम्बातरिया (44%), जमजोर (52%) उदियागरा (49%) आदि के अपेक्षाकृत कम चक्रिलता सूचकांक उच्चावच नियंत्रण के कारण हैं। पश्चिमी उच्च पठार की सेन (43%), घाघरा (36%) तथा घोषद (61%) नदियाँ उक्त क्षेत्र के विकास की प्रौढ अवस्था की इंगित करती हैं।

स्पष्ट है कि मध्य रांची पठार की नदियों के आकार की अत्यधिक चक्रिलता उक्त क्षेत्र के पेटाइट-नीस संरचना के कारण न होकर उक्त क्षेत्र की समप्राय मैदान अवस्था के कारण है। उड़नगढ़ा, रमसा तथा घाघरा नदियों के दैर्घ्यवृद्धि (elongation) के आकार में उच्चा-

बच का सर्वाधिक प्रभाव है। दक्षिणी निम्न रांची पठार की घारदार भुग की कोमल तथा सधियुक्त संरचना (माइका-शिस्ट) के कारण नदियों की शाखाओं में पर्याप्त विकास हुआ है जिस कारण डोंगाजोर तथा बाँकी II बेसिन का आकार चक्रिल है जबकि डालमा संरचना के ऊपर पहाड़ियों के बीच से प्रवाहित होने के कारण उदियागारा बेसिन का चक्रिलता सूचकांक न्यून हो गया है। इस तरह यह स्पष्ट होता है कि बेसिन के आकार के आधार पर उस क्षेत्र के अपरदन-चक्र की अवस्था का तृटिहित निर्धारण नहीं किया जा सकता है।

### वक्रता सूचकांक (Sinuosity Index)

यह सामान्य अवधारणा है कि अपरदन-चक्र के प्राथमिक चरण में नदियाँ तंग एवं सरकारी घाटियों में प्रवाहित होती हैं तथा उनका प्रवाह-मार्ग प्रायः सीधा होता है (वक्रता सूचकांक 1.0 होता है) तथा प्रौढावस्था में भूतल अपरदन के कारण घाटी की चौड़ाई में विस्तार तथा सीमित बाढ़-मैदान के निर्माण के कारण नदी का प्रवाह मार्ग वक्राकार (Sinuous course, 'वक्रता सूचकांक 1.0 से 1.5 तक) होता है एवं समप्राय मैदान की अवस्था (जीर्णावस्था) में विसर्पित मार्ग (Meandering Course, 1.5 से अधिक) होता है। अध्याय पाँच की सारणी 18 में रांची पठार के विभिन्न भौतिक प्रदेशों की 23 प्रवाह बेसिन के वक्रता सूचकांक अंकित हैं। सभी नदियों के वक्रता सूचकांक 1 से 1.5 के मध्य हैं जिससे प्रमाणित होता है कि सभी बेसिन वक्र सरिता (Sinuous rivers) की श्रेणी में आते हैं। यद्यपि मध्य रांची पठार की सरितायें अपने विकास की अन्तिम अवस्था में हैं तथापि अपरदन के लिए अपेक्षाकृत अवरोधी सेनाइट-नीस संरचना के कारण वे बाढ़-मैदान तथा विसर्पों (मियाण्डर) का निर्माण नहीं कर पायी हैं तथा उनका वक्रता-सूचकांक 1.5 से कम है जिससे उम्र क्षेत्र की प्रौढावस्था का आभास होता है जो कि भ्रामक है। पश्चिमी उच्च प्रदेश की सरिताओं के सूचकांक (घोषद 1.09, घाघरा 1.10 तथा सेन 1.06) उक्त प्रदेश की अन्तिम तरणावस्था तथा प्रारम्भिक प्रौढावस्था को इंगित करते हैं जो कि वास्तविकता है। दक्षिणी निम्न रांची पठार की नदियों के न्यून सूचकांक (अम्बासारा 1.07, जमजोर 1.05, डोंगाजोर 1.03, रवकाजर 1.05, बाँकी II 1.06 तथा उदियागारा 1.07) उस क्षेत्र के विकास की वास्तविक अवस्था (अन्तिम प्रौढावस्था तथा प्रारम्भिक जीर्णावस्था) के परिचायक नहीं हैं। इसी तरह पूर्वी

रांची पठार की उड़नगढ़ा (1.06), रपता (1.10), डमरा (1.10), तथा बारू (1.16) नदियों के वक्रता सूचकांक उक्त प्रदेश की ममप्राय मैदान अवस्था के परिचायक नहीं हैं।

### घर्षण सूचकांक (Dissection Index)

घर्षण सूचकांक किसी प्रदेश में अपरदन की मात्रा के परिचायक होते हैं। तरणावस्था में अत्यधिक सम्भवत् अपरदन के कारण सर्वाधिक घर्षण सूचकांक (30% से अधिक) होते हैं। प्रौढावस्था में भूतल अपरदन के कारण जलविभाजक का शीर्ष भी अपरदित (Down wearing) होने लगता है जिस कारण अपरदन (निम्नवर्ती) कम होने लगता है अतः सूचकांक 10% से 30% के बीच रहता है। अन्तिम अवस्था में न्यूनतम घर्षण सूचकांक (10% से कम) रहता है।

रांची पठार के विभिन्न प्रदेशों की प्रवाह-बेसिन के घर्षण-सूचकांक से उन प्रदेशों के अपरदन की अवस्था का बोध हो जाता है। पश्चिमी उच्च प्रदेश की प्रवाह-बेसिन के क्षेत्रफल का 60 प्रतिशत से अधिक भाग उच्च घर्षण सूचकांक (0.1 से 0.3, सेन बेसिन 60.23% क्षेत्रफल, घाघरा बेसिन 63.20% क्षेत्रफल तथा घोषद बेसिन 78.58% क्षेत्रफल) के अन्तर्गत आता है जिससे उक्त प्रदेश के प्रारम्भिक प्रौढावस्था का आभास मिलता है। मध्य रांची पठार की प्रवाह-बेसिन के सम्पूर्ण क्षेत्रफल का 60% से अधिक भाग न्यून घर्षण सूचकांक (0.1 से कम, सेन बेसिन 80.19%, लोहागारा बेसिन 67.48%, बाँकी I 80.19%, जमजर बेसिन 92.12% तथा बिरगोरा बेसिन 98.87%) के अन्तर्गत आता है जिससे मध्य रांची पठार के विकास की अन्तिम अवस्था का सत्पापन हो जाता है। मात्र गंगा बेसिन (35.68%) तथा सारको बेसिन (37.38%) अपवाद हैं। सारको बेसिन का खोत पश्चिमी उच्च प्रदेश पर है। अतः इस बेसिन के खोत क्षेत्र में उच्च घर्षण सूचकांक का विकास हो गया है। गंगा नदी मध्य रांची पठार से निकल कर गंगाघाट के सहारे पुनर्युवनित (rejuvenated) राह नदी से जोन्हा प्रपात बनाती हुई मिलती है, अतः इनके सगम स्थान से ऊपर की ओर कुछ दूरी तक निम्नवर्ती अपरदन होने से मध्यम घर्षण सूचकांक (0.1 से 0.3) का विकास 64.32% क्षेत्रफल हुआ है।

दक्षिणी निम्न घणित रांची पठार की प्रवाह-बेसिन के सम्पूर्ण क्षेत्रफल के 70 प्रतिशत के अधिक भाग पर मध्यम घर्षण सूचकांक (0.1 से 0.3, जमजोर बेसिन

77.28%, अम्बाग्रिया बेसिन 91.61%, उदियागरा बेसिन 90.88%, रोंगाजोर बेसिन 79.81 तथा बाकी II बेसिन 76.78%) का विकास हुआ है जो उक्त प्रदेश की प्रौद्योगिकी की इंगित करते हैं।

पूर्वी निम्न रांची पठार की बेसिन मिश्रित परिणाम बताती हैं। बाह्य बेसिन के समस्त क्षेत्रफल के 59.03% क्षेत्रफल पर मध्य घर्षण सूचकांक (0.1 से 0.3) ऊपरी बेसिन के 81.36% क्षेत्रफल पर निम्न घर्षण सूचकांक (0.1 से कम) रयसा बेसिन के 61.68%, क्षेत्रफल पर मध्यम घर्षण सूचकांक (0.1 से 0.3) तथा उडनगडा बेसिन के 47.47% भाग पर उच्च घर्षण सूचकांक (0.3 से अधिक) पाया जाता है। क्षेत्र-पर्यवेक्षण के आधार पर यह प्रदेश समप्राय मैदान अवस्था में है।

### औसत ढाल (Average Slope)

अपरदन चक्र के समर्थकों के अनुसार चक्र की प्रारम्भिक अवस्था में अत्यधिक सम्बन्धन अपरदन के कारण तीव्र ढाल का निर्माण होता है तथा समय के साथ अपक्षय तथा अपरदन के कारण पहाड़ी-शीर्ष तथा जलविभाजक के शीर्ष का निम्नीकरण होत स ढाल के साथ कम होते जाते हैं। इस आधार पर ढाल कोण तथा अपरदन चक्र के बीच निम्न सम्बन्ध स्थापित किया जा सकता है।

ढाल कोण	चक्र की अवस्था
0°-5°	जीर्णवस्था (समप्राय मैदान की अवस्था)
5°-10°	प्रौद्योगिकी
10°-20°	अन्तिम तरणावस्था
20°-30°	मध्य तरणावस्था
>3°	प्रारम्भिक तरणावस्था

रांची पठार के पश्चिमी उच्च प्रदेश की घाघरा तथा घोषद प्रवाह बेसिन के सम्पूर्ण क्षेत्रफल के 50 प्रतिशत में अधिक भाग (घाघरा बेसिन 60.75%, तथा घोषद बेसिन 52.7%) पर 10°-20° ढाल का विकास एवं सैन बेसिन के 56.96 प्रतिशत भाग पर सामान्य ढाल (5°-10°) का विकास उक्त क्षेत्र की अन्तिम तरणावस्था एवं प्रारम्भिक प्रौद्योगिकी का परिचायक है। मध्य रांची पठार की अधिकांश प्रवाह बेसिन में न्यून ढाल (0°-5°) के अन्तर्गत अधिकतम क्षेत्रफल (बिरगोरा 100%, जूबर 97.37%, बाकी I 80.54%, संघ

74.33%, सोहागरा 56.87%) में उक्त क्षेत्र की समप्राय मैदान अवस्था का स्पष्ट बोध होता है। अपवाद के रूप में गंगा बेसिन (5°-10° ढाल के अन्तर्गत 62.50% क्षेत्रफल) तथा सार्की बेसिन (10°-20° ढाल के अन्तर्गत 41.44% भाग) हैं।

दक्षिणी निम्न घणित रांची पठार की अधिकांश प्रवाह बेसिन के अधिकतम क्षेत्रफल पर तीव्र ढाल (10°-20°) का विकास (बाकी II 71.92%, अम्बाग्रिया 66.04%, उदियागरा 53.46%, जमजोर 43.84% आदि) में उक्त क्षेत्र की अन्तिम तरणावस्था या प्रारम्भिक प्रौद्योगिकी का बोध होता है। रोंगाजोर के 60.55% भाग पर सामान्य ढाल (5°-10°) में भी प्रौद्योगिकी का ही आभास मिलता है।

पूर्वी निम्न रांची पठार की प्रवाह बेसिन पर न्यून ढाल कोण (0°-5°) के अन्तर्गत सर्वाधिक क्षेत्रफल (जमरा 95.78%, बाह्य 74.67%, रयसा 66.30%) का पाया जाना उक्त प्रदेश की समप्राय मैदान अवस्था का प्रमाणित करता है। उडनगडा बेसिन के सम्पूर्ण क्षेत्रफल के 53.46% भाग पर तीव्र ढाल (10°-20°) का विकास अपवाद का इंगित करता है।

### सापेक्षिक उच्चावच (Relative Relief)

अपरदन-चक्र की प्रारम्भिक अवस्था में अधिकतम निम्नवर्ती अपरदन (downward erosion) के कारण उच्च सापेक्षिक उच्चावच का निर्माण होता है क्योंकि पहाड़ी शिखर तथा जलविभाजक-शिखर क्षैतिज अपरदन के जमाव में अपरदन से अप्रभावित रहते हैं। अतः उच्चस्थ तथा निम्नस्थ भाग का अन्तर (सापेक्षिक उच्चावच) बढ़ता जाता है। प्रौद्योगिकी में क्षैतिज अपरदन के भी प्रारम्भ हो जाने के कारण पहाड़ी शिखर एवं जलविभाजक के ऊपरी भाग में अवनदन (Lowering) की मात्रा घटती है गहरा होने से अधिक होने के कारण सापेक्षिक उच्चावच कम होने लगते हैं। समप्राय मैदान की अवस्था (जीर्णवस्था) में निम्नवर्ती अपरदन (घाटी का गहरा होना) के स्थान एवं क्षैतिज अपरदन की सत्रियता के कारण सापेक्षिक उच्चावच तीव्रता में घटता है। अतः सापेक्षिक उच्चावच एवं अपरदन-चक्र के मध्य निम्न सम्बन्ध स्थापित किया जा सकता है—

सापेक्षिक उच्चावच	चक्र की अवस्था
0-60 मीटर	समप्राय मैदान की अवस्था
60-120 मीटर	प्रौद्योगिकी
120 मीटर से अधिक	तरणावस्था

रांची पठार के पश्चिमी उच्च प्रदेश की प्रवाह बेसिन के अधिकतम क्षेत्र पर उच्च सापेक्षिक उच्चावच (120 मीटर से अधिक, घोषद बेसिन 69.42%, घाघरा बेसिन 65.37% तथा सेन बेसिन 38.05%) के विकास से उक्त प्रदेश की अन्तिम तरुणावस्था एवं प्रारम्भिक प्रोढावस्था का बोध होता है। मध्य रांची पठार की प्रवाह-बेसिन के अधिकतम क्षेत्र पर न्यून सापेक्षिक उच्चावच (0-60 मीटर बिरगोरा बेसिन 98.31%, जूमर बेसिन 87.91%, बाकी I बेसिन 74.51%, संख बेसिन 70.57% तथा लोहागरा बेसिन 59.41%) का विस्तार उक्त प्रदेश की समप्राय मैदान की अवस्था इंगित करता है जबकि रांगा बेसिन के क्षेत्र के 54.53% भाग पर मध्यम (60-120 मीटर) एवं साफो बेसिन के 49.05% भाग पर उच्च उच्चावच (120 मीटर से अधिक) अपवाद स्वरूप हैं। दक्षिणी निम्न घटित रांची पठार की बेसिन में उच्च सापेक्षिक उच्चावच (120 मीटर से अधिक, अम्बाप्रिया 75.64%, उदियागारा 52.47% एवं बाकी II 50.44%) एवं मध्यम सापेक्षिक उच्चावच (60-120 मीटर, डोंगानोर 61.14% तथा जमजोर 51.99%) के विकास से उक्त प्रदेश की प्रोढावस्था का स्थापन होता है। पूर्वी निम्न रांची पठार की डमरा बेसिन के 95.72% एवं बारु बेसिन 58.43% भाग पर निम्न सापेक्षिक उच्चावच (0-60 मीटर) का विकास उक्त प्रदेश की सप्रदाय मैदान अवस्था का परिचयक है जबकि उड़नगढ़ा बेसिन के 66.02% भाग पर उच्च एवं रयसा बेसिन के 42.08% भाग पर मध्यम उच्चावच के विकास से अपवाद की स्थिति उत्पन्न होती है।

#### उच्चतादर्शी समाकल (Hypsometric Integrals)

उच्चतादर्शी समाकल (देखिये अध्याय पाँच की सारणी 3) से किसी प्रदेश के अनपरदनित भाग का बोध होता है। यह सम्भाव्य है कि तरुणावस्था में उच्चतादर्शी समाकल अधिक होता है (यद्यपि निम्नवर्षी अपरदन या घाटी का गहरा होना अधिक होता है परन्तु क्षैतिज-अपरदन के अभाव में जन-विभाजकी एवं पहाड़ी-शीर्ष के अवनयन न होने से उच्चतादर्शी समाकल अधिक होते हैं)। जैसे-जैसे चक्र का समय बढ़ता जाता है, उच्चावच का अवनयन होता जाता है तथा अधिकांश भाग के अपरदनित हो जाने के कारण उच्चतादर्शी समाकल न्यून होता जाता है। अतः उच्चतादर्शी समाकल एवं अपरदन-चक्र की अवस्थाओं के मध्य निम्न सम्बन्ध स्थापित किया जा सकता है—

#### उच्चतादर्शी समाकल

> 60%  
60% — 30%  
< 30%

#### चक्र की अवस्था

तरुण  
प्रोढ या साम्यावस्था  
समप्राय मैदान अवस्था

स्मरणीय है कि उच्चतादर्शी समाकल एक नाजुक विचर (Variable) है तथा अपरदन-चक्र की अवस्थाओं के निर्धारण में इसका उपयोग मतर्कता के साथ किया जाना चाहिए। कभी-कभी यह भ्रामक परिणाम भी प्रस्तुत करता है। 30 प्रतिशत से कम उच्चतादर्शी समाकल तभी सम्भव हो सकता है जबकि क्षेत्र विशेष में, जो कि जीर्णवस्था में है, कुछ मोनाडनाक मौजूद हों ताकि उच्चस्थ एवं निम्नस्थ भागों का अन्तराल बना रहे अन्यथा जीर्णवस्था में (जबकि मोनाडनाक नष्ट हो गये हों) भी उच्चतादर्शी समाकल 30% से 60% के बीच पहुँच जाता है।

रांची पठार के पश्चिमी उच्च प्रदेश की प्रवाह-बेसिन के उच्चतादर्शी समाकल (सेन 30.32%, घाघरा 39.67% तथा घोषद 35.48%) उक्त प्रदेश की अन्तिम प्रोढावस्था में व्यक्त करते हैं। मध्य रांची पठार की संख (15.8%), बाँकी I (20.32%) तथा साफो (24.84%) बेसिन के समाकल समप्राय मैदान अवस्था को इंगित करते हैं। जबकि लोहागरा (41.61%), जूमर (43.87%) तथा बिरगोरा (37.74%) बेसिन के समाकल भ्रामक हैं क्योंकि ये नदियाँ अपने विकास की अन्तिम अवस्था में हैं। इन नदियों के वाछित समाकल में अधिक मान इसलिए हैं कि इनके प्रवाह क्षेत्र में उच्चस्थ तथा निम्नस्थ भागों का अन्तर 61 मीटर तक ही है। दक्षिणी निम्न घटित रांची पठार की प्रवाह-बेसिन के उच्चतादर्शी समाकल (अम्बाप्रिया 28.38%, जमजोर 51.93%, डोंगानोर 38.38%, बाँकी II 42.26% तथा उदियागारा 40.97%) इन नदियों की साम्यावस्था तथा उक्त प्रदेश की प्रोढावस्था के परिचायक हैं। पूर्वी निम्न रांची पठार की प्रवाह-बेसिन के समाकल (उड़नगढ़ा 25.48%, रयसा 21.93%, बारु 19.03% तथा डमरा 16.13%) उक्त प्रदेश की वास्तविक समप्राय मैदान की अवस्था का स्थापन करते हैं।

#### प्रवाह प्रवाह, गठन तथा सरिता आवृत्ति

प्रवाह-घनत्व, प्रवाह-गठन तथा सरिता आवृत्ति (stream frequency) का सम्बन्ध अपरदन चक्र की

अवस्था में स्थापित करना तर्कसंगत नहीं है क्योंकि सगिताओं का विकास पर्यावरण कारकों (environmental factors) जैसे जलवायु (वर्षा), बाढ़ों जल (run off), जल का शैल आवरण में अन्तःस्फन्दन (infiltration), भूवैज्ञानिक संरचना (geological structure), वनस्पति आवरण आदि पर आधारित होता है। सैद्धान्तिक रूप में यह प्रतिपादित किया जा सकता है कि चक्र की प्रारम्भिक अवस्था में सरिताओं की संख्या कम होती है क्योंकि प्रवाह-जाल का विकास नहीं हो पाता है। परिणाम-स्वरूप प्रवाह-घनत्व न्यून होता है। प्रौढावस्था में सरिताओं का अधिकतम विकास होता है जिस कारण प्रवाह घनत्व उच्च होना चाहिए। जीर्णवस्था में सरिताओं का समाकलन (integration) होने से प्रवाह घनत्व न्यून होना चाहिए।

रांची पठार के पश्चिमी उष्ण प्रदेश की प्रवाह बेसिन के अधिकतम क्षेत्र पर सामान्य प्रवाह-घनत्व (Moderate drainage density = 2-4 मील, सेन बेसिन 79.33% तथा घाघरा बेसिन 52.91% क्षेत्रफल) का विकास हुआ है (घोषर बेसिन में 73.54% भाग पर उच्च प्रवाह घनत्व)।

मध्य रांची पठार की प्रवाह बेसिन में न्यून प्रवाह-घनत्व (सब 45.24%, बाँकी 52.50%, जूँवर 61.61%, बिरगोरा 80.79%) का विकास हुआ है जबकि सोहगारा में उच्च प्रवाह-घनत्व (42.98% भाग पर) एवं साँकी (68.54% भाग पर) तथा भग्या (69.53% भाग पर) बेसिन में सामान्य प्रवाह घनत्व पाया जाता है। इन आँकड़ों में मध्य रांची पठार के विकास की अवस्था का बोध तो होता है (अन्तिम प्रौढावस्था तथा प्रारम्भिक जीर्णवस्था) परन्तु इस प्रदेश में न्यून प्रवाह-घनत्व बेसिन में विकास की अवस्था (समप्राय मैदान अवस्था) के कारण न होकर ग्रेनाइट-नीस जैल की संरचना के कारण है। ऋद्धोर नग्न जैल सतह पर कम सरिताओं का विकास हो पाया है।

दक्षिणी निम्न घण्टित रांची पठार की प्रवाह बेसिन में अधिकतम क्षेत्र पर उच्च प्रवाह-घनत्व का विकास

(जमजोर 78.10%, डोगाजोर 52.82% उदियापारा 75.93% तथा बाँकी 11.85.28%, एवं अम्बासिरिया में सामान्य प्रवाह-घनत्व (55.69%), का अधिकतम क्षेत्र में पाया जाता है उक्त प्रदेश की प्रौढावस्था के कारण सम्भव नहीं हुआ है वरन् उक्त प्रदेश की अपेक्षावृत्त कमजोर तथा सधियुक्त घाघरा शैली एवं उसके साथ मिली अन्य कोमल शैली के कारण अधिक सरिताओं का विकास हुआ है। पूर्वी निम्न रांची पठार की प्रवाह बेसिन के अधिकतम क्षेत्रों पर सामान्य प्रवाह-घनत्व (उडनगढ़ा 85.06%, रयसा 68.61%, डमरा 64.92% तथा बाँक 72.68%) का विकास हुआ है जो उक्त प्रदेश की अन्तिम प्रौढावस्था का परिचायक है। परन्तु इस भाग में भी प्रवाह-घनत्व पर भूवैज्ञानिक संरचना (कोमल माइका-शिस्ट) तथा ढाल एवं उच्चावच का नियन्त्रण अधिक है।

अतः यह प्रतिपादित किया जा सकता है कि प्रवाह-घनत्व (और प्रवाह-गठन तथा सरिता-आवृत्ति) अपरदन-चक्र की अवस्था का परिचायक एवं निर्धारक नहीं होता है।

निष्कर्ष—उपर्युक्त विवरण स्पष्ट हो जाता है कि आकारमयिक विचारों (Variables) तथा विशेषताओं के आधार पर अपरदन-चक्र की अवस्थाओं का निर्धारण सुदृढीकृत नहीं है। डेविस द्वारा प्रतिपादित स्थलरूपों की विकासीय प्रवृत्तियों (developmental phases) की आनुभविक विश्लेषण विधि (empirical method of analysis) की यथार्थता के समक्ष एक और प्रश्नवाचक चिह्न लग जाता है तथा वर्तमान भू-आवृत्ति विज्ञान-वेत्ताओं के मस्तिष्क में यह सन्देह और जोर पकड़ने लगता है कि स्थलरूपों के विकास की विभिन्न अवस्थाएँ होती हैं या नहीं। चक्र-सकल्पना व समयको तथा अनुपादियों के लिए यह शुद्धाव दिया जा सकता है कि स्थलरूपों या क्षेत्र विशेष के विकास की अवस्थाओं का निर्धारण आकार-मयिक निर्धारकों से प्राप्त परिणाम तथा क्षेत्र-पर्यवेक्षण द्वारा उन परिणामों के परीक्षण के बाद ही करना चाहिये। ज्ञातव्य है कि यह आवश्यक नहीं है कि किसी भी प्रदेश के स्थलरूपों का विश्लेषण अवस्था-परिवेश में ही किया जाय।

न्यून प्रवाह घनत्व = 2 मील प्रति वर्ग मील

सामान्य प्रवाह घनत्व = 2-4 मील प्रति, ..

उच्च प्रवाह घनत्व = 4-6 मील प्रति, ..

अति उच्च प्रवाह घनत्व = 6 मील से अधिक प्रतिवर्ग मील



## समप्राय मैदान

(Peneplains)

(अपरदन-चक्र की अंतिम अवस्था का रूप)

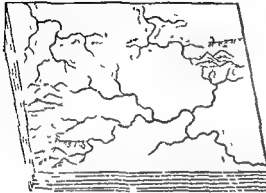
सामान्य पारिचाय—गमप्राय मैदान अपरदन के "सामान्य चक्र" की अन्तिम अवस्था का परिचायक है। जब एक उत्थित स्थलखण्ड नदी के कार्य द्वारा विभिन्न अवस्थाओं से होकर अपरदित होकर एक आकृति विहीन मैदान में परिवर्तित हो जाता है तो उसे समप्राय मैदान कहा जाता है। सर्वप्रथम इस शब्द का प्रयोग डेविस महोदय ने 1889 ई० में "स्वाकृतिक चक्र" के अन्त में निमित्त निम्न परन्तु साधारण ढाल वाले भाग में किया था। प्रारम्भ में ही "पेनोप्लेन की सकल्पना" एक विवादास्पद समस्या रही है तथा वर्तमान समय में भी इस सकल्पना की सर्वसम्मति में स्वीकार नहीं किया जा सका है। कुछ विद्वानों ने इस धारणा को अमग्न तथा सत्य से दूर बताया है परन्तु कुछ विद्वानों ने इसे दूसरे रूप में प्रदर्शित करने का प्रयास किया है, जैसे ड्रिकमे महोदय। इस तरह "भू-आकृति विज्ञान" का समप्राय मैदान ही एक ऐसी स्थलाकृति रहा है जिसके पक्ष तथा विपक्ष में सबसे अधिक लिखा जा चुका है तथा वर्तमान समय में भी यह मसलना विवादास्पद ही बनी हुई है।

डेविस महोदय ने समप्राय मैदान के लिये "Peneplane" नामावली का प्रयोग किया है, परन्तु यह शब्द विद्वानों की भाव्य नहीं है। "Plane" शब्द एक ज्यामितीय समतल सतह को प्रदर्शित करता है, जिसमें अमानतायें नहीं हो सकती हैं। परन्तु भू-आकृति विज्ञान में स्थलाकृतियों के सम्बन्ध में ज्यामितीय सतह की कल्पना नहीं की जा सकती क्योंकि चाहे जितनी समता हो परन्तु स्थलीय सतह एक चारम रूप में समतल नहीं हो सकती परन्तु उसमें कुछ असमानताएँ अवश्य रहेंगी। इस आधार पर स्थलाकृति के लिये Peneplane शब्द का प्रयोग करना उचित नहीं है। इसके विपरीत "Plane" शब्द का अर्थ मैदान में है जिसमें कुछ भौतिक असमानतायें सम्भव हो सकती हैं। अतः चक्र की अन्तिम अवस्था में उत्पन्न आकृतिविहीन गमप्राय मैदान के लिये Peneplain शब्द का ही प्रयोग उचित होगा। यदि डेविस के "Peneplane" के वर्णनात्मक विचार का अध्ययन किया जाय तो डेविस भी Peneplain की विशेषताओं को ही व्यक्त करना चाहते हैं, क्योंकि

गमप्राय मैदान (Peneplane) का अर्थ इन्होंने कभी भी सपाट तथा पूर्णतया समतल मैदान में नहीं लगाया है। Plane शब्द को "समतल बनाने" के अर्थ में क्रिया के रूप में प्रयुक्त किया जा सकता है (As the region was or is peneplained)।

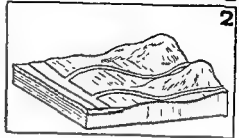
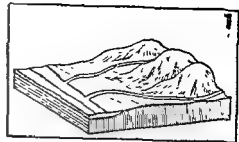
समप्राय मैदान की सामान्य विशेषतायें—अपरदन के सामान्य चक्र की अन्तिम अवस्था में घाटी का गहरा होना समाप्त हो जाता है। भौतिक कटाव एवं अपक्षय की क्रियाओं द्वारा स्थलखण्ड सतत नीचा होता जाता है। एक समय ऐसा आता है जब कि नदी अपने आधार-तल को पहुँच जाती है तथा अपरदन समाप्त हो जाता है एवं स्थलखण्ड लगभग आकृतिविहीन समतल मैदान में परिवर्तित हो जाता है। नदियाँ कई शाखाओं में विभक्त होकर बड़े-बड़े विसर्प (Meanders) से होकर बहने लगती हैं। इस प्रकार की सतह को डेविस महोदय न समप्राय मैदान की सजा प्रदान की है। डेविस ने कभी भी समप्राय मैदान का अर्थ चौड़ी सपाट सतह में नहीं लिया है वरन् उन्होंने समप्राय मैदान का अर्थ एक ऐसी सतह में लिया है जो कि निम्न उल्छानच तथा ऊँच-खावड (Undulating) एवं उर्मिल वृष्ट (Rolling surface) वाली होती है। अर्थात् समप्राय मैदान में कुछ ऊँचे-नीचे भाग भी होने हैं जिन्हें सरसरी निगाह से देखा जा सकता है। इस प्रकार की सतह का मन्द ढाल सागर की ओर होता है ताकि नदियाँ प्रवाहित हो सकें। इस अवस्था में ढाल अदृश्य होते हैं। पेंक महोदय ने गमप्राय मैदान के स्थान पर इण्ड्रम्प (Endrumpf) शब्द का प्रयोग किया है, जिसमें ढाल अवतल होता है। ऊपर यह बताया जा चुका है कि अन्तिम अवस्था में इस आकृति का निर्माण अपक्षय तथा भौतिक अपरदन की क्रियाओं द्वारा होता है। "स्वाकृतिक यूनिट" (Geomorphic unit—स्थलखण्ड) में विभिन्न प्रतिरोध वाली चट्टानें होती हैं। मुलायम तथा कमजोर सचरना वाली चट्टानें तो शीघ्र ही कट कर आधार तल को प्राप्त हो जाती हैं परन्तु प्रतिरोधी शैली का इतना अपरदन नहीं हो पाता है कि वे विलीन हो जायें। इसके विपरीत यक्ष-तल ये प्रतिरोधी शैल छोटे-छोटे उल्छानच के रूप में

दृष्टिगोचर होती है, जो कि अपरदन के द्वीप तुल्य अवशेष होते हैं। इस तरह के उठे भागों को मोनाडनाक कहा जाता है। मोनाडनाक शब्द, मयुक्त राज्य अमेरिका के न्यूहैम्पशायर प्रान्त के माउण्ट मोनाडनाक (Mount Monadnock) में लिया गया है, जहाँ पर अपरदन द्वारा सतह प्रायः सम हो गई है परन्तु कठार चट्टानों वाली छोटी-छोटी पहाड़ियाँ यत्न-यत्न दिखाई पड़ती हैं।



चित्र 182—पेनीप्लेन (Peneplain with Monadnocks)।

समप्राय मैदान अपरदन-चक्र का प्रायः अन्तिम परिणाम (Near-end product) है न कि अन्तिम परिणाम (End product)। डेविड महीदय ने भी इस तथ्य को स्वीकार किया है कि स्थलखण्ड का अपरदन द्वारा आधार-तल के बराबर पूर्ण रूप में समतल हो जाना प्रायः सम्भव नहीं है तथा यह केवल सैद्धांतिक रूप में माना जा सकता है, प्रयोगात्मक रूप में नहीं। 'पेनीप्लेन की संकल्पना' को प्रमाणित करने के लिए डेविड महीदय ने हर सम्भव प्रयास किया है एवं कई पुराने परन्तु आवरण से ढके हुए समप्राय मैदानों का उदाहरण प्रस्तुत किया है। यदि ऐसी निम्न उल्थावले एवं क्षिप्त भ्यालाटूनि वाली सतह हैं जो कि वर्तमान समय में शील आवरण में ढकी हैं परन्तु वे पेनीप्लेन का रूप धारण कर सकती हैं। यद्यपि वर्तमान समय में सागर-तल के वर्तमान आधारतल पर समप्राय मैदानों के उदाहरण बहुत कम हैं तथापि प्राचीन पेनीप्लेन उस संकल्पना को प्रमाणित करने के लिए समर्थ हैं। कठिनाइयों के होने हुए भी विद्वानों ने यद्यपि पूर्ण समप्राय मैदानों के उदाहरण वर्तमान समय में भी भूपटल के विभिन्न भागों में छोड़ निक्षेप हैं। उदाहरण के लिए एशिया में पुरातन पर्वत के दक्षिण तथा पूर्व में एवं स्थान शान पर्वत के उत्तर में साइबेरिया का प्रायः समप्राय



चित्र 183—1 पेनीप्लेन (डेविड द्वारा प्रतिपादित)

2 पैनप्लेन (Panplain—डिक्केन द्वारा प्रतिपादित) तथा

3 पेडीप्लेन (Pediaplain) के निर्माण के अन्तर का स्वरूप हाथशाम द्वारा प्रदर्शन।

1—पेनीप्लेन (डेविड) का निर्माण सामान्य चक्र के अन्त में नदियों द्वारा प्रायः अपरदन (Lateral erosion) द्वारा होता है।

2—पैनप्लेन (डिक्केन) का निर्माण सामान्य चक्र के अन्त में कई नदियों के वाह-मैदान के सम्मिलन तथा मध्यवर्धन द्वारा होता है।

3—पेडीप्लेन का निर्माण मध्यवर्धीय भागों में पर्वतों पर अपरदन द्वारा विभिन्न कई पेडीमेंट के सम्मिलन से होता है। पेडीप्लेन निक्षेप रहित होते हैं।

मैदान का ही रूप है। इसी तरह मिनीसीपो घाटी में कई स्थल समप्राय मैदान की ओर अग्रसर हो रहे हैं जैसा कि पश्चिमी मिनीसीपो घाटी और सीमावर्ती ब्रन्सफोर्ड तथा मिनीसीपो घाटी का निचला भाग। दक्षिण क्लिन्टन के भी लगभग समप्राय मैदान के समान बनाया जाता है क्योंकि यह भाग एक लम्बे समय तक भूपृष्ठीय अपरदन (Sub-aerial erosion) की क्रियाओं से प्रभावित होता रहा है।

यहाँ पर एक और तथ्य उल्लेखनीय है जो कि सम-प्राय मैदान की उत्पत्ति का सर्वाधिक महत्वपूर्ण कारक है। पेनीप्लेन के निर्माण के लिए अत्यधिक लम्बे समय की आवश्यकता पड़ती है ताकि भूपृष्ठीय अपरदन की क्रियाओं से स्थलखण्ड भली प्रकार प्रभावित होकर आकृति-विहीन समप्राय मैदान में बदल सके। यह भी आवश्यक है कि इस लम्बी अवधि के समय स्थलखण्ड निश्चय (Stand still) रहे अर्थात् उसमें पृथ्वी के अन्तर्जात बल द्वारा उत्थान या अवतलन न हो सके। अन्यथा अपरदन-चक्र का समर बड जायेगा, अवस्था बदल जायेगी एवं पेनीप्लेन का निर्माण सम्भव नहीं हो सकेगा। यही तथ्य आलोचना का सबसे अधिक शिकार हुआ है। आलोचकों का कहना है कि पृथ्वी इतनी अस्थिर है कि उसका इतने लम्बे समय तक निश्चल रहना असम्भव ही नहीं कल्पनातीत है। पेनीप्लेन के निर्माण के लिये आवश्यक अवधि का अनुमान इसी तथ्य से लगाया जा सकता है कि उत्तरी अमेरिका में यदि अपरदन की वर्तमान दर चलती रही तो 15,000,000 वर्षों में उत्तरी अमेरिका का आधारतल के बराबर अपरदन हो जायेगा एवं समस्त महाद्वीप एक बृहद पेनीप्लेन के रूप में बदल जायेगा यद्यपि कि महाद्वीप उस समय तक अपने स्थान पर निश्चल रहे। परन्तु यदि जरा भी परिवर्तन हुआ अर्थात् यदि अपरदन की दर में कमी आई तो उक्त समय की दुगुनी या तीन गुनी अवधि की आवश्यकता होगी। इसी आधार पर कई विद्वानों ने बताया है कि स्थलखण्ड का एक लम्बे समय तक स्थिर रहना असम्भव है अतः पेनीप्लेन की अवधारणा वास्तविकता से पर है। यह उल्लेखनीय है कि इस आपत्ति में यथार्थ कम ही है क्योंकि कितनी ऐसी प्राचीन आकृति-विहीन, निम्न उच्चावच वाली मटोटे हैं जो कि इस संकल्पना को दस्त देती हैं। अतः इस मत का स्वीकार नहीं किया जा सकता है। हाँ उसमें कुछ सुधार अवश्य किया जा सकता है। प्राचीन पेनीप्लेन के उदाहरण, अंटार्कटिका महाद्वीप को छोड़ कर प्रायः हर महाद्वीप में मिलते हैं। अफ़ेलियन पर्वत इसका सर्वप्रमुख उदाहरण है। यहाँ पर स्कूली पेनीप्लेन, हैरिसबर्ग पेनीप्लेन एवं सागरबिस्सी पेनीप्लेन ने स्पष्ट उदाहरण मिले हैं। इसके अतिरिक्त प्राचीन पेनीप्लेन के उदाहरण राकी पर्वत, जर्मनी के पर्वतों, दक्षिणी अफ्रीका एवं फ्रांस के मध्यवर्ती पठार में मिलते हैं। यहाँ पर स्मरणीय है कि ये प्राचीन पेनीप्लेन अपनी भौतिक अवस्था में नहीं मिलते हैं बल्कि उनके अवशेष मात्र ही मिलते हैं।

भा. त. का रांची का पठार नम्रप्राय मैदान का एक प्रमुख उदाहरण प्रस्तुत करता है। क्रीटेसियस लावा-प्रवाह के पूर्व सम्पूर्ण रांची पठार एक बृहत् समप्राय मैदान में परिणत हो गया और 610 मीटर सतह का निर्माण हुआ। मध्य रांची पठार पर यह सतह आज भी सुरक्षित है। टैशियरी युग में पश्चिमी प्रदेश (पाट-प्रदेश) में 305 मीटर का उत्थात हुआ जिस कारण इसकी ऊँचाई 915 मीटर हो गयी और यह उदित समप्राय मैदान का उदाहरण बन गया। स्मरणीय है कि इस पश्चिमी प्रदेश में क्रीटेसियस युग में 154 मीटर मोटी लावा-भरत का जमाव हुआ था जिस कारण 915 मीटर की सतह इस लावा-आवरण के नीचे तिरोहित है। अतः पश्चिमी उच्च प्रदेश की वास्तविक ऊँचाई सागर तल से 1000 से 1100 मीटर ऊँची है।

समप्राय मैदान के प्रकार

स्थलखण्डों की सरचना तथा उन पर मन्त्रिय होने वाले प्रक्रमों एवं उनकी कार्य-प्रणाली में पर्याप्त अन्तर के कारण पेनीप्लेन में भी अन्तर होना आवश्यक है। कुल मिलाकर पेनीप्लेन को पाँच भागों में विभक्त किया जा सकता है—

1. स्थानीय पेनीप्लेन (Local peneplains), 2. प्रादेशिक पेनीप्लेन (Regional peneplains), 3. उत्थित पेनीप्लेन (Uplifted peneplains), 4. पुनर्जीवित पेनीप्लेन (Resurrected peneplains), तथा 5. आंशिक या अपूर्ण पेनीप्लेन (Partial peneplains)।

1. स्थानीय पेनीप्लेन—किसी भी प्रक्रम द्वारा किसी स्थलखण्ड के समतल होने की क्रिया (Planation) अचानक नहीं होती है बल्कि धीरे-धीरे कई अवस्थाओं से सम्पन्न होती है। फलस्वरूप पेनीप्लेन की प्रक्रिया में सर्वप्रथम कुछ स्थानीय भाग अपने आधारतल के बराबर हो जाते हैं जब कि अन्य भागों में स्थलखण्ड के समतल होने का कार्य चलता रहता है। इस प्रकार उत्पन्न सीमित क्षेत्र वाले आकृति-विहीन निम्न भाग को स्थानीय पेनीप्लेन या प्राथमिक पेनीप्लेन (Incipient peneplains) कहते हैं। वर्तमान समय में ऐसे स्थानीय पेनीप्लेन के कई उदाहरण प्रत्येक महाद्वीपों में मिल सकते हैं। इन्हे प्रारम्भिक या प्राथमिक पेनीप्लेन इसलिये कहा जाता है क्योंकि ये पेनीप्लेन के निर्माण की प्रक्रिया में प्रथम मोपान या प्रथम चरण के रूप में होते हैं।

2. प्रादेशिक पेनीप्लेन—जब कई स्थानीय पेनीप्लेन के निर्माण के बीच स्थलखण्ड का अधिकांश भाग अपरदन

द्वारा अपने आधार-तल को पहुँच जाता है तथा समस्त स्थलखण्ड के उच्च उच्चावच घिम कर प्रायः विलीन हो जाते हैं तो प्रस्तुत पेनीप्लेन को क्षेत्रीय या प्रादेशिक पेनीप्लेन कहा जाता है। इसका तात्पर्य यह नहीं है कि समस्त स्थलखण्ड उच्चावच विहीन होकर पूर्णरूप में आकृति-विहीन हो जाता है। सागर तट के समीप तो स्थल का प्रायः समतल होना सम्भव हो जाता है परन्तु आन्तरिक भाग में अब भी कुछ उच्चावच, यद्यपि निम्न ऊँचाई वाले; अवशिष्ट रह जाते हैं। पेनीप्लेन का ढाल सागर तट की ओर होता है तथा यह निम्नतर पोंछे हटता जाता है एवं अन्त में एक उच्च जल-विभाजक के रूप में बदल जाता है। अर्थात् जल-विभाजक से सागर-तट का ढाल इतना जबरन रहता है कि नदियाँ अपने ऊपरी भाग (पहाड़ी) में निचले भाग (सागर) तक स्वच्छन्दता से प्रवाहित हो सकें। घाटियों तथा जल-विभाजक या दोआब अब भी वर्तमान होने हैं, यद्यपि उनकी ऊँचाई नगण्य होती है। प्रतिरोधी चट्टानें अपरदन में बच कर मोलाडनाक के रूप में दृष्टिगोचर होती हैं। प्रादेशिक पेनीप्लेन का तात्पर्य प्रायः उस मौलिक पेनीप्लेन से लेना चाहिये जो कि अपने स्थान पर ही हो जिसमें उत्थान आदि न हुए हो एवं जो मूलतः में आच्छादित न हुआ हो। परन्तु ऐसी दशा का होना नितान्त असम्भव है क्योंकि पृथ्वी अस्थिर है। उसमें अन्तर्जात हलचल होने रहते हैं, जिनमें स्थलखण्ड में उत्थान अवश्यम्भावी है। अतः प्रादेशिक पेनीप्लेन, उचित पेनीप्लेन भी हो सकते हैं। प्रथम अवस्था में प्रादेशिक पेनीप्लेन का निर्माण होता है और उसमें उभार हो जाने में उचित पेनीप्लेन का विकास हो जाता है।

**3 उचित पेनीप्लेन (Uplifted Penepains)—**जब प्रादेशिक पेनीप्लेन या स्थानीय या प्राथमिक पेनीप्लेन का पृथ्वी के अन्तर्जात बल के कारण उत्थान हो जाता है तो उसे उठा हुआ या उचित पेनीप्लेन कहते हैं। ये पेनीप्लेन प्रायः प्राचीन हुआ करते हैं तथा उत्थान के समय विभिन्न प्रकार के मूलतः (Warping) एवं अपरदन के कारण उसमें पर्याप्त परिवर्तन मिलते हैं। अब तक जो भी प्राचीन पेनीप्लेन के उदाहरण मिले हैं, उनमें अधिकांश उचित ही हैं। अप्लेशियन पर्वत में इस तरह के तीन उचित पेनीप्लेन के उदाहरण मिले हैं। पश्चिम युग में अप्लेशियन हलचल या त्रांति के फल-स्वरूप अप्लेशियन पर्वत का निर्माण हुआ। निर्माण होते ही उस पर अपरदन की शक्तियाँ उचित भाग को नीचा

करने के लिये प्रयत्नशील हो गईं तथा पेनीप्लेन कल्प के अन्त में अर्थात् क्रीटेशियस युग के अन्त में एवं टैसियरी के प्रारम्भ में समाप्त अप्लेशियन एवं समप्राय मैदान के रूप में परिणत हो गया जिसे स्कूलों पेनीप्लेन कहते हैं। इस पेनीप्लेन का पुनः उत्थान हो गया एवं टैसियरी युग में उस द्वितीय पेनीप्लेन का विकास हुआ जिसे हैरिसबर्ग या शेननडोह पेनीप्लेन कहा जाता है। इसके उत्थान के बाद तृतीय पेनीप्लेन सामरविली का निर्माण हुआ है। अभी तरह-एगिया के स्थान शान पर्वत, स्काटलैण्ड के उच्च भाग, न्यूबक के पठार (बनाडा), कोलोरैडो का राकी पर्वत इत्यादि उचित पेनीप्लेन के सर्वोत्तम उदाहरण प्रस्तुत करत हैं। बेसी विलिस के अनुसार मायो-सोन युग में टान्यानिडा पेनीप्लेन अपने निर्माण के बाद 15666 मीटर ऊपर उठ गया। राकी पर्वत के पेनीप्लेन में प्लायोसीन एवं प्लोस्टोसीन युगों में उत्थान हुआ है तथा नदियों ने इस पर 300 से 500 मीटर गहरे पंजिरन का निर्माण कर लिया है जिससे प्रमाणित होता है कि इस उचित पेनीप्लेन में द्वितीय चक्र प्रारम्भ हो गया है। उचित पेनीप्लेन की पहचान कठिन है परन्तु कुछ ऐसे लक्षण हैं जिनमें उचित पेनीप्लेन का पता लगाया जा सकता है।

**राकी पठार का पश्चिमी उच्च प्रदेश (पाट-प्रदेश)** उचित समप्राय मैदान का उदाहरण है। इसकी ऊपरी सतह (915 मीटर) पर (जो कि 154 मीटर मोटी 'श्रीटीमियम युग' में लावा-पग्न के नीचे निहित है) नीम शैल की सरचना है। यही सरचना मध्य राकी पठार की 615 मीटर सतह पर भी है। यह तथ्य इस प्रदेश (पाट-प्रदेश) के उत्थान का सन्धान करता है।

**उचित पेनीप्लेन की पहचान तथा लक्षण—**उचित पेनीप्लेन की विशेषताओं के जानने के पहले कुछ नामा-वलिषों का उल्लेख आवश्यक है। दो नदियों के बीच बाने भाग को अन्तरसरिता क्षेत्र (Interstream areas) और छोटी-छोटी चोटियों वाले क्षेत्र को शिखर क्षेत्र (Summit areas) कहते हैं। जब अन्तरसरिता क्षेत्रों एवं शिखर-क्षेत्रों की ऊँचाई या तल में समता होती है तो उसे समति (Accordance) कहते हैं—(समत Accordant) उदाहरण के लिये समत शिखर (Accordant summit levels) और समत अन्तरसरिता क्षेत्र (Accordant interstream levels)।

निम्न नदियों का पेनीप्लेन में पाया जाना आवश्यक है।

(i) **शिखरतल एवं अन्तरसरिता क्षेत्र तल में समता** (Subequality of levels in summit levels and interstream levels)—प्रादेशिक पेनीप्लेन की यह सर्वाधिक महत्वपूर्ण विशेषता है कि यदि पेनीप्लेन वा पूर्णतया विकाम हो गया है तो उसमें कुछ निम्न ऊँचाई वाले उच्चावच अवश्य मिलते हैं। इनमें नदियों के बीच के भाग या दोआब (Interstream areas or interfluvies) तथा छोटे-छोटे शिखर प्रमुख हैं। अपनी भौतिक अवस्था में प्रादेशिक पेनीप्लेन में दोआब तथा शिखरों की ऊँचाई या तल में समता या समता (Accordance or equality) पायी जाती है। यदि प्रस्तुत पेनीप्लेन प्रादेशिक पेनीप्लेन के उत्थान के कारण बना है तो उसमें भी शिखर-तल तथा दोआब तल में समता होनी चाहिये। यह अवश्य सम्भव है कि उत्थान के समय उसमें संबलन (Warping) तथा विभेदक भ्रंशन (Differential faulting) के कारण कुछ परिवर्तन आ गये हों परन्तु मुख्य समता अवश्य सुरक्षित रह सकती है। प्रादेशिक पेनीप्लेन पर उपर्युक्त सामान्य उच्चावच के अलावा कुछ स्थानीय अपरदन के अवशिष्ट भाग भी होते हैं, जो कि सामान्य सतह में कुछ ऊँचे होते हैं। इनमें बिखरी हुई एकाकी पहाड़ियों को (कम ऊँची) मोनाडनाक कहते हैं। अगर प्रस्तुत पेनीप्लेन प्राथमिक प्रादेशिक पेनीप्लेन का उत्थित रूप है तो उसमें भी मोनाडनाक के लक्षण मिलने चाहिये। कुछ ऐसे भी उच्च अवशिष्ट भाग होते हैं जो कि नदियों से अधिक दूर होने के कारण अपरदन से अप्रभावित होने के कारण सामान्य सतह में कुछ ऊँचे दृष्टिगोचर हो सकते हैं। इन्हें पेंक महोदय ने मोसोरस (Mosores) की संज्ञा प्रदान की है। जब अपरदन के अवशिष्ट भाग समूह में मिलते हैं (स्मरण रहे कि मोनाडनाक एकाकी रूप में मिलते हैं) तो उन्हें उनाकास (Unakas—उत्तरी कैनेडिया के उनाका पर्वत के आधार पर) कहते हैं। यदि पेनीप्लेन का उत्थान हाल ही में हुआ है तो संगत शिखर-तल तथा समतल अन्तरसरिता क्षेत्र अधिक विस्तृत होंगे अपेक्षाकृत प्रारम्भिक उत्थित पेनीप्लेन के। यहाँ पर यह उल्लेखनीय है कि शिखर तल एवं अन्तरसरिता तल में समता का तात्पर्य यह नहीं है कि ये पेनीप्लेन के समस्त भाग में एक ही ऊँचाई पर हो वरन् यागर तट से दूर हटने पर उनकी सापेक्ष ऊँचाई में वृद्धि होती जायेगी।

(ii) **स्थलाकृतिक विषम विन्यास (Topographic Unconformity)**—विषमविन्यास का सामान्य तात्पर्य

है स्थलरूप के कई भागों में अनमानना। प्रादेशिक पेनीप्लेन में प्राचीन घाटियों का निर्माण हो चुका रहता है। जब उसका उत्थान होता है तो नवोन्मेष के कारण नदियों की अपरदन-शक्ति बढ जाती है। फलस्वरूप नवीन घाटी का निर्माण होने लगता है, जिस कारण नदियाँ अपनी पुरानी एवं चौड़ी घाटी में संकरी घाटी का निर्माण करने लगती हैं, जिससे घाटी के अन्दर घाटी का निर्माण हो जाता है। इस प्रकार की घाटी का ऊपरी भाग जीर्णवस्था का परिणामक (प्राथमिक चक्र का परिणाम) होता है तथा निचला भाग तरणावस्था (द्वितीय चक्र के कारण) का परिणामक होता है। इस प्रकार की स्थिति को विषम विन्यास अर्थात् समता का न होना कहते हैं। अगर कोई पेनीप्लेन, उत्थित पेनीप्लेन है तो उसमें उपर्युक्त विषम विन्यास का होना आवश्यक है। इसी तरह यदि प्रादेशिक पेनीप्लेन का निर्माण हो गया है तो यह अपने आधार-तल को प्राप्त कर लेता है। परन्तु उत्थान के कारण आधार-तल में परिवर्तन हो जाता है एवं नवीन आधार-तल का विकास होता है जो कि द्वितीय चक्र के अपरदन की निम्नतम सीमा निश्चित करता है। जहाँ पर पुराने तथा नये आधार तल के दो चक्र एक दूसरे का प्रतिच्छेदन (Intersection) करते हैं, वहाँ पर निक्काइण्ट (Knickpoint) (देखिए नवोन्मेष द्वारा बनी स्थलाकृति-निकषाइट, अध्याय 14) का निर्माण होता है।

(iii) **पेनीप्लेन सतह पर मलबा का आवरण** (Presence of mantle of rock waste) – यदि किसी पेनीप्लेन का निर्माण बहुत पहले हो चुका है तो उस पर अवशिष्ट मिट्टियों (Residual soils) का आवरण हो जाता है। जलविभाजकों वाले क्षेत्र में यह मलबा अपक्षय में प्राप्त होता है तथा घाटियों की तराई में जलोढ़ जमाव होता है। पेनीप्लेन की सतह पर अवशिष्ट मिट्टियों का आवरण खटाईट या चीका मिट्टी का होता है अथवा अग्रूलनशैल पदार्थ जैसे चर्ट (Chert) या क्वार्ट्ज का होता है। यह स्मरणीय है कि मलबा का यह आवरण छिट-पुट रूप में मिलता है।

4. **पुनर्जीवित पेनीप्लेन (Resurrected Peneplains)**—प्रायः ऐसा होता है कि प्रादेशिक पेनीप्लेन के निर्माण के बाद उस पर अवसादी शैल का आवरण छा जाता है और पेनीप्लेन ढक जाता है। इस तरह के पेनीप्लेन को अन्तर्हित पेनीप्लेन (Buried peneplains)

बढ़ा जा सकता है। इसी तरह कभी-कभी निमित्त पेनी-प्लेन का निमज्जन (Submergence) हो जाता है और पेनीप्लेन तिरोहित हो जाता है। पुनः जब इसका निर्गमन (Emergence) होता है तो वह दृष्टिगोचर होता है। इसी तरह जब अन्तर्हित पेनीप्लेन के ऊपर स्थित ग्लैस-आवरण अपरदन द्वारा कट कर हट जाता है तथा प्राचीन पेनीप्लेन दिखाई पड़ने लगता है तो इस प्रकार के पेनीप्लेन को पुनर्जीवित इसलिये कहा जाता है कि पहले से इसका जन्म हो चुका था एवं बाद में ग्लैस-आवरण के कारण कुछ समय के लिये तिरोहित हो गया था, परन्तु सतह पर पुनः दिखाई पड़ता है, लगता है उसका द्वितीय जन्म हुआ हो। संयुक्त राज्य अमेरिका के दक्षिणी वायोमिंग प्रान्त का शमन मैदान पुनर्जीवित पेनीप्लेन का एक जीता जागता उदाहरण है। मेक्सिको के खाड़ी तटीय मैदान के आन्तरिक भाग में पूर्व क्रीटैसियस या प्रारम्भिक क्रीटैसियस युग में निमित्त पेनीप्लेन पर पहले ग्लैस-आवरण का अब अनावरण हो रहा है जिससे उन्त पेनीप्लेन एक पुनर्जीवित पेनीप्लेन का रूप धारण कर रहा है और उसका निर्मूलकरण भी हो रहा है। संयुक्त राज्य अमेरिका में अटलांटिक तटीय मैदान की क्रीटैसियस युग से पूर्व अपरहित सतह जो कि क्रीटैसियस एवं टर्शियरी अवसाद के नीचे दबी पड़ी है अन्तर्हित पेनीप्लेन का सर्वोत्तम उदाहरण है। यदि अन्तर्हित पेनीप्लेन में मन्वेन, बलन तथा भ्रंशन (Warping folding and faulting) के कारण परिवर्तन नहीं हुए हैं तो पुनर्जीवित होने पर ये अपनी अधिकांश विशेषताओं को सुरक्षित रखते हैं। कोलोरेडो फ्रान्ट रेन्ज के पूर्वी किनारे, संयुक्त राज्य अमेरिका के पीटमाण्ट पठार के पूर्वी किनारे, फ्रान्स के ब्रिटेनी एवं मध्य पठार में प्राचीन पेनीप्लेन के पुनर्जीवन के उदाहरण देखे जा सकते हैं। यदि प्राचीन पेनीप्लेन के ऊपर आवरण वाली ग्लैस, उस चट्टान से कमजोर है, जिस पर पेनीप्लेन का विकास हुआ है तो ग्लैस-आवरण के घाट पुनर्जीवित पेनीप्लेन अपनी अधिकांश विशेषताओं को सुरक्षित रखने में समर्थ होता है।

छोटानागपुर पठार के पश्चिमी पाट प्रदेश (Pat lands) में 915 मीटर का बेनाइट-नीस पेनीप्लेन इस समय तिरोहित पेनीप्लेन का उदाहरण है

क्योंकि उसकी ऊपरी सतह पर 154 मीटर (500 फीट) मोटी बेसाल्टिक लावा (क्रीटैसियस युगीन) की परत (जिसका ऊपरी भाग वर्तमान समय में अपक्षय के कारण लेटराइट में बदल गया है) है। पालामऊ जनपद में छेछारी बेसिन की 6'0 मीटर की सतह इस समय पुनर्जीवित पेनीप्लेन की उदाहरण है क्योंकि बूढ़ी नदी एवं उसकी सहायक नदियों ने अपरदन द्वारा ऊपरी आवरण को हटा दिया है।

5 आंशिक पेनीप्लेन (Partial Penneplain)—अपूर्ण पेनीप्लेन के विषय में पर्याप्त मतभेद है तथा इसके लिए कई नामावलि (अपूर्ण या आंशिक पेनीप्लेन, प्राथमिक पेनीप्लेन Incipient penneplain, स्थानीय पेनीप्लेन local penneplain, बर्म Berm तथा स्ट्राथ Strath) का प्रयोग किया गया है। यहाँ पर सरलीकरण के लिए विवाद के गहन जाल में न पसर लेखक केवल सामान्य एवं सरल मार्ग का चयन चाहता है। इस संबंध में फेनमन महोदय के मत का उल्लेख किया जा रहा है। किमी स्पल-खण्ड में प्रथम चक्र के बाद कई चक्र कार्यान्वित होते हैं परन्तु कोई भी चक्र पूर्ण नहीं हो पाता है अर्थात् स्पल-खण्ड का निम्न आकृतिविहीन मैदान में परिवर्तन नहीं हो पाता है। प्रायः होता यह है कि प्रत्येक अगला चक्र पिछले चक्र की अन्तिम अवस्था से कुछ पीछे रह जाता है या कुछ पहले समाप्त हो जाता है। अर्थात् प्रत्येक अगला चक्र, अपने पिछले चक्र की तुलना में पर्याप्त समय नहीं पाता है एवं अपूर्ण रह जाता है। इस तरह दूसरा चक्र पहले से तीसरा चक्र दूसरे चक्र से, चौथा चक्र तीसरे से आदि, पीछे रह जाता है या अपूर्ण रह जाता है।<sup>1</sup>

पेनीप्लेन सफलता की आलोचना (Criticisms of the concept of penneplains)—जैसा कि ऊपर ब्यक्त किया जा चुका है कि पेनीप्लेन की सफलता का जन्म ही विवादाम्पद इतिहास में हुआ है और अब तक इसे विभिन्न आलोचनाओं का सामना करना पड़ रहा है। सफलता के विपरीत मर्मप्रथम जो आपत्ति उठाई जाती है वह है पेनीप्लेन के निर्माण के लिए एक लम्बी अवधि की सुलभता। आलोचकों का कहना है कि पृथ्वी इतनी अधिक है कि पेनीप्लेन के लिए आवश्यक समय (अपरदन की वर्तमान दर पर उत्तरी अमेरिका 15 000,000

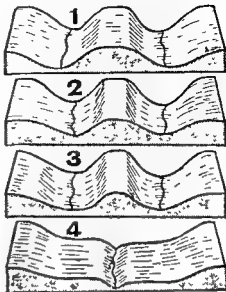
1 The work of next cycle stopped somewhat short of the stage reached in the first, the third fell short of the second, so on.

वर्षों में अपरदित होकर अपने आधार तल की प्राप्ति कर सकता है। मुलभ नहीं हो सकता है। इतने लम्बे समय तक पृथ्वी या स्थल-खण्ड निश्चल नहीं रह सकता। इस आपत्ति के बचाव में समर्थकों का कहना है कि पृथ्वी की हलचलें तथा पटल निरूपण (Distrophism) सामयिक होते हैं। अर्थात् कुछ समय तक सक्रिय रहने के बाद बन्द हो जाते हैं। इस शान्तकाल के समय आवश्यक अवधि मिल सकती है, जिससे पेनीप्लेन का निर्माण सम्भव हो सकता है। गिल्लेरी महोदय ने उपर्युक्त समाधान का खण्डन किया है तथा बताया है कि भू-हलचल कदापि सामयिक और सर्व-व्यापी नहीं होती है। ये हलचल पृथ्वी की स्थिरता की किसी भी समय नष्ट कर सकती हैं। अतः पेनीप्लेन की सकल्पना असंगत एवं अमान्य है। यह सैद्धान्तिक रूप में मत्त हो सकती है, परन्तु प्रयोग में कल्पनातीत है। उपर्युक्त आलोचना का खण्डन करते हुये पेनीप्लेन की सकल्पना के समर्थकों का कहना है कि पेनीप्लेन के निर्माण के लिये स्थल-खण्ड का पूर्ण रूप से निश्चल रहना आवश्यक नहीं है। मन्दगति से उठते हुये स्थल-खण्ड पर भी पेनीप्लेन का विकास हो सकता है बशर्त कि निम्नीकरण की दर, उत्थान की दर में अधिक हो।

द्वितीय आपत्ति पेनीप्लेन के सगत शिखरतल (Accordant summit level) तथा सगत अन्तरसरिता क्षेत्रीय तल (Interstream area level) के विषय में है। अर्थात् पेनीप्लेन की सामान्य विशेषता के अनुसार पेनीप्लेन पर पाये जाने वाले उच्चावचों के तल अर्थात् जैकार्ड में लगभग समता या सगति पायी जाती है। परन्तु आलोचकों का कहना है कि तथाकथित पेनीप्लेन पर वांछित या यथेष्ट सगति (Accordance) नहीं मिल पाती है। दूसरे, पेनीप्लेन के उत्थान के समय 'पेनीप्लेन' के वांछित उच्चावच का कुछ भाग विशेष अपरदन (Differential erosion) तथा सन्नत एवं भ्रंशन (Warping and faulting) के कारण उत्पन्न होता है न कि प्रादेशिक पेनीप्लेन (उत्थान के पहले) के समय चक्र के अन्तिम अवस्था में अपरदन द्वारा।

क्रिके का संशोधन—सन् 1933 ई० में क्रिके महोदय ने डेविस की पेनीप्लेन सकल्पना की वटु आलोचना की तथा अपनी पैनप्लेन संकल्पना (Concept of Panplain) का प्रचलन किया है। क्रिके के अनुसार पैनप्लेन चक्र की अन्तिम अवस्था का वह परिणाम है, जो

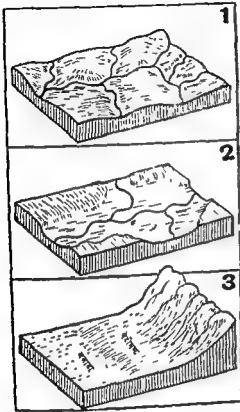
कि बाढ़ के मैदानों के सम्बर्द्धन तथा सम्मिलन से निर्मित होता है। पेनीप्लेन की आलोचना करते हुए क्रिके ने



चित्र 184—पार्श्विक अपरदन (Lateral erosion) द्वारा अन्तर्संरिता क्षेत्र या दोआब (Interfluvies) के नष्ट होने की अवस्थाएँ।

बताया है कि अन्तिम अवस्था में जल विभाजकों के खिमकने तथा नष्ट होने की दर की आवश्यकता से अधिक मान लिया गया है। इससे विपरीत हमके नष्ट होने की गति मन्द होनी है एवं चक्र की अन्तिम अवस्था में उच्चावच के विलयन के माध्यम से इसकी नष्ट होने की गति और अधिक मन्द हो जाती है। इन्होंने बताया है कि जब घाटी के निम्न कटाव (Valley deepening) का स्थपन हो जाता है तो चक्र की अन्तिम अवस्था आ जाती है एवं क्षैतिज अपरदन अधिक होता है जिससे जलविभाजक जन्म जन्म तिरोहित होने लगते हैं और बाढ़ मैदान का निर्माण होता है। इन बाढ़ के मैदानों पर अवसाद (Sediments) का हल्का आवरण होता है। बाढ़ के मैदानों के किनारे खड़े ढाल वाले होते हैं जिनमें क्षैतिज अपरदन द्वारा बिलफ जैसी प्रकाश मिलते हैं जिन प्रकार की सागरीय तटों पर धारणीय लहरों द्वारा बिलफ के निर्माण होते हैं। चक्र के अन्त तक नदियों के क्षैतिज अपरदन द्वारा बाढ़ के मैदानों के किनारे तीव्र ढाल वाले होते हैं। इस तरह चक्र की अन्तिम अवस्था में निर्मित स्थलरूप डेविस द्वारा बताया गए पेनीप्लेन से सर्वथा भिन्न

होगा। धीरे-धीरे ये मैदान आकार में बढ़ते जाते हैं तथा जब कई बाढ़ के मैदान मिल कर एक रूप धारण कर लेते हैं तो पेनीप्लेन की अपेक्षा चौड़े तथा सपाट स्वरूप का निर्माण होता है जिसका मन्द ढाल सागर तट की ओर होता है। धीरे-धीरे जल विभाजन नष्ट होते जाते हैं और उनके प्रतिरोधक भाग अवशिष्ट रह जाते हैं जो कि



चित्र 185—समम मैदान (Confluence plain) का निर्माण तथा विकास। पार्श्विक अपरदन (Lateral erosion) द्वारा जल विभाजक कटक (Divide ridges) का धीरे-धीरे नष्ट होना तथा समम मैदान का निर्माण।

मोनाडनाक के समान होते हैं। इस तरह अन्त में कई बाढ़ के मैदान मिलकर सपाट भाग बन जाते हैं जिन्हें क्रिकमे ने पैनप्लेन (Panplain) की संज्ञा प्रदान की है। क्रिकमे ने बताया है कि चक्र की अन्तिम अवस्था अर्थात् जीर्णवस्था में क्षैतिज अपरदन या अपघर्षण की दर में अधिक कमी नहीं आती है। इस आधार पर (जीर्णवस्था क्षैतिज अपरदन की सक्रियता) क्रिकमे ने अनुसार पेनीप्लेन की अपेक्षा पैनप्लेन अधिक तीव्र गति से बन सकता है।

यद्यपि क्रिकमे ने क्षैतिज अपरदन की क्षमता, जिसे अधिकांश विद्वानों ने कम महत्त्व दिया है, का पूर्ण उल्लेख किया है तथापि पेनीप्लेन की सकल्पना का स्थान उपर्युक्त सकल्पना नहीं ले सकती है। क्रिकमे ने, वास्तव में क्षैतिज अपरदन को आवश्यकता से अधिक महत्त्व दे दिया है। चक्र के अन्त में क्षैतिज अपरदन द्वारा सभी स्थलखण्ड का कट कर समतल रूप में हो जाना असम्भव है। इसी तरह बाढ़ के मैदान, चक्र की अन्तिम अवस्था में उत्पन्न स्थलाकृति का एक अंग ही प्रदर्शित करते हैं। इस तरह क्षैतिज अपरदन द्वारा उत्पन्न स्थलाकृति न तो पेनीप्लेन का रूप धारण कर सकती है न तो पैनप्लेन का ही। यत्न ० ही० किंग का मत है कि डेविस द्वारा वर्णित शीतोष्ण आर्द्र जलवायु स्थलाकृतियों के विकास के लिए 'सामान्य' (Normal) दशा नहीं हो सकती। अतः अपरदन चक्र के अन्त में उत्पन्न स्थलाकृति पेनीप्लेन न होकर पेडीप्लेन (Pediplain) होगी जिसका निर्माण कगार निवर्तन (Scarp retreat) एवं पेडीमेण्टेशन की क्रिया द्वारा होता है। स्मरणीय है कि किंग का यह मत अफ्रीका के आर्द्र आर्द्र प्रदेशों की स्थलाकृतियों के विकास की प्रक्रियाओं पर आधारित है। अतः इस पेडीप्लेन चक्र तथा पेडीप्लेन को भी 'सामान्य दशा' का प्रतिफल एवं सार्वत्रिक (Universal) नहीं माना जा सकता।



# अपरदन-सतह तथा अनाच्छादन कालानुक्रम

( Erosion Surfaces and Denudation Chronology )

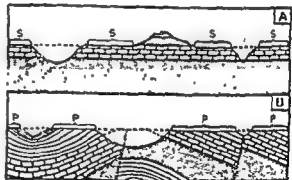
## अपरदन-सतह

### सामान्य पारचय

‘अपरदन-सतह’ भौतिक स्वरूपों के महत्वपूर्ण अंग होती है तथा भू-आकृति विज्ञान के विज्ञानियों के अध्ययन की मुख्य वस्तु बन चुकी है। अपरदन-सतह प्रारम्भिक अपरदन-चक्र के अवशेष होती है। अतः इनके स्थान विज्ञान के इतिहास की पुनर्रचना में पर्याप्त सहायता मिलती है। किसी स्थान की प्रवाह-प्रणाली के विकास की समस्याओं के निदान के लिए सकेत मिल जाते हैं। भू-आकारिकी में अपरदन-सतह नामावली का प्रयोग केवल उन अपरदनात्मक सपाट अथवा लगभग सपाट (Flat or near flat) सतह के लिये किया जाता है, जिनका निर्माण अपरदन-चक्र के दौरान आधार तल के बराबर होता है। इस तरह अपरदन सतह के अन्तर्गत ‘पेनीप्लेन’ (Peneplain), ‘पैनप्लेन’ (Panplain), ‘पेडीप्लेन’ (Pediplain) तथा सागरीय अपरदन तल को सम्मिलित किया जाता है। इन सतहों को मुख्य अपरदन-सतह (Major erosion-surface) कहा जाता है। इनके अलावा कुछ गौड़ छिड़पुट कम विरल अपरदन-सतहें भी होती हैं, जिनके अन्तर्गत ‘घाटी पारबं’ (Valley-side benches), ‘नदी बेदिका’ (River terrace), ‘सागरीय सौपान’ (Marine benches), ‘सागरीय सपाट मैदान’ (Marine flats), ‘सागरीय बेदिका’ (Marine terrace), ‘उत्थित पुलिन’ (Raised beaches) आदि को सम्मिलित किया जाता है।

अपरदन-सतह तथा संरचनात्मक-सतह (Structural surface) में अन्तर स्थापित करना आवश्यक है। जहाँ पर कठोर शैल के ऊपर (क्षैतिज परत) कोमल शैल (क्षैतिज रूप में) का आवरण होता है तो सामान्य अपरदन के कारण कठोर शैल के ऊपर से कोमल शैल का आवरण हटा लिया जाता है तथा कठोर शैल की गम सतह, जो कि समतल-प्राय होती है ऊपर आ जाती है। इसे ‘संरचनात्मक सतह’ कहा जाता है। इस तरह यदि देखा जाय तो ‘संरचनात्मक सतह’ भी ‘अपरदन-सतह’ ही होती है। कुछ लोगों ने अपरदन-सतह को भ्रामक

बताया है तथा इसके स्थान पर ‘समतल सतह’ (Planation Surface) नामावली का प्रयोग दो कारणों से श्रेयस्कर बताया है। (i) समतल सतह तथा ‘संरचनात्मक सतह’ में आसानी से अन्तर स्थापित किया जा सकता है क्योंकि ‘समतल सतह’ का निर्माण विभिन्न शैल प्रकार तथा विभिन्न भूवैज्ञानिक मरचना (Geological structure) के आर-पार अपरदन के कारण होता है, जबकि ‘संरचनात्मक सतह’ का निर्माण नीचे स्थित शैल की गति (Dip) के समागम पर ऊपरी शैल परत के हटने के कारण होता है। (ii) ‘समतल सतह’ का प्रयोग सभी प्रकार के अपरदनात्मक मैदान के लिए हो जाता है, उनकी उत्पत्ति चाहे जिन भी तरह से हुई हो। चित्र 186 में संरचनात्मक सतह (A) तथा अपरदनात्मक सतह (B) को स्पष्ट किया गया है।



चित्र 186 A—संरचनात्मक सतह—अपरदन का कार्य विभिन्न संरचना के गति के सहारे सम्पन्न हुआ है। B—अपरदन सतह—अपरदन का कार्य विभिन्न स्तरों तथा शैलों के आर-पार हुआ है।

### अपरदन सतह की पहचान

क्षेत्रों में अपरदन-सतह की पहचान करना एक कठिन समस्या है, जिसके निदान के लिए कई विद्वानों ने सराहनीय प्रयास किये हैं। स्मरणीय है कि वास्तविक अपरदन-सतह वर्तमान सागर-तल के बराबर नहीं हो सकती है, क्योंकि जर्मन उत्थान हुए हैं तथा वे ऊँचाई

पर ही मिलती है। यदि वे वर्तमान सागर-तल के बराबर या आस-पास मिलती हैं तो इसका यही कारण हो सकता है कि उस क्षेत्र में स्थलीय भाग में अवतलन के कारण जैर्बाई में गिरावट हुई होगी। वास्तव में सागर-तल में भूगर्भित इतिहास में कई बार परिवर्तन (उत्तर-चढ़ाव) हुए हैं तथा वर्तमान सागर-तल अन्य काल (अन्तिम ब्वाटररी काल) से ही स्थिर है। केवल ब्वाटररी काल में ही सागर-तल में कई बार परिवर्तन हुए हैं। पर्यवेक्षणों के आधार पर कई लोगों ने बताया है कि टर्शियरी युग में लेकर वर्तमान समय तक सागर तल में उतार (Fall-गिरावट) हुआ है। ऐसा विश्वास किया जाना है कि टर्शियरी युग में सागर तल 2000 फीट की जैर्बाई पर था तथा ब्वाटररी के प्रारम्भ में 600 फीट की जैर्बाई पर था (आर० जे० स्माल, 1969)। इस आधार पर यह बताया जा सकता है कि 600 फीट की जैर्बाई तक निमित्त स्थलरूपना निश्चय ही ब्वाटररी युग के होंगे। ब्वाटररी युग का समय सीमित होने के कारण अपरदन-चक्र की पूर्णता के लिए पयाम समय वही मिल पाया, जिस कारण अभिनव (Recent) विस्तृत अपरदन सतह (टर्शियरी से नवीन) का निर्माण नहीं हो पाया, परन्तु 'आंशिक अपरदन-सतह' (Partial erosion surface) के निर्माण को अरबीबार नहीं किया जा सकता है।

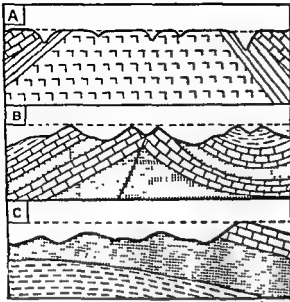
उपयुक्त विवरण के आधार पर यह प्रमाणित हो जाता है कि कोई अपरदन-सतह टर्शियरी के बाद की नहीं है। या तो वह टर्शियरी युग की हो सकती है या उसमें पहले की। इस तरह यदि अपरदन-सतह का इतिहास इतना लम्बा है तो निश्चय ही उस पर अपरदन के विभिन्न प्रक्रमों के कारण परिवर्तन हुआ होगा, जिस कारण उनकी मौलिक विशेषताओं का पता लगाना कठिन होगा।

अपरदन-सतह पर हुए परिवर्तन का स्वभाव तथा मात्रा कई कारकों पर आधारित होती है। जो अपरदन-सतह जितनी ही पुरानी होगी, उस पर परिवर्तन की सम्भावना उतनी ही अधिक होगी। यह परिवर्तन केवल उसी हानव में नगण्य हो सकता है, जबकि अपरदन-सतह के ऊपर निपेक्ष के कारण मोटा आवरण बिछ गया हो और अपरदन-सतह की मौलिक विशेषताओं को सरल प्रदान कर दिया हो। अपरदन सतह में होने वाले परिवर्तन पर उस जल की कठोरता का भी प्रभाव होता

है, जिस पर कि अपरदन-सतह का निर्माण होता है। यदि वह जल कठोर है तो उस पर होने वाला जगला अपरदन-चक्र अधिक समय लेगा, जिस कारण परिवर्तन मन्द गति से होगा। इसके विपरीत जबकि वह जल कोमल है तो अगला अपरदन-चक्र शीघ्र सम्पन्न होगा और परिवर्तन अत्यधिक होगा। इस तरह यह बताया जा सकता है कि यदि किसी स्थान में दो अपरदन सतहें आस-पास (एक तल पर) पाई जाती हैं, जिनमें एक का विकास अवरोधक जल पर तथा दूसरी का कोमल जल पर हुआ हो तो प्रथम निश्चय ही अन्तिम की अपरदन अधिक प्राचीन होगी। अपरदन-सतह में परिवर्तन दर-ताओं की मध्यम नव दूरी पर भी आधारित होता है। यदि किसी अपरदन सतह वाले क्षेत्र में मृत्ता का घनत्व अत्यधिक है तो अपरदन-सतह का विनाश शीघ्र हो सकता है।

प्राचीन अपरदन-सतह की स्थितियाँ कई प्रकार की हो सकती हैं। यदि अपरदन-सतह टर्शियरी के अन्तिम समय तथा ब्वाटररी के प्रारम्भिक समय की हैं तो वे (कठोर जल के ऊपर) चौड़े-चौड़े समान जैर्बाई वाले पठार के रूप में होंगी तथा जलविभाजक चौड़े सीप वाले होंगे। यदि अपरदन-सतह प्रारम्भिक टर्शियरी या मेसोजोइक कल्प की हैं तो वे सतत सिखर (Accordant summits) के रूप में होंगी और यदि अपरदन-सतह इसमें भी प्राचीन है तो सम्भावना यही है कि उनमें परिवर्तन इतना अधिक हो गया होगा कि वे पूर्णतया नष्ट हो गयी होगी। वास्तव में उपर्युक्त विवरण अत्यधिक सरल तथा साधारणीकृत (Generalized) है। हो सकता है कि किसी अपरदन-सतह का विकास विभिन्न स्वभाव वाली चट्टानों के ऊपर हुआ हो, जिन कारण उसके विभिन्न भागों में सरिता-घनत्व भिन्न-भिन्न हो। ऐसी स्थिति में यदि उस क्षेत्र के किसी भाग में नदियों में नवोन्मेष हो जाता है तो अपरदन के कारण उस भाग में परिवर्तन अधिक हो जायेगा तथा मौलिक विशेषतायें अपेक्षाकृत शीघ्र नष्ट हो जायेंगी। स्पष्ट है कि अब तक अपरदन-सतह की पहचान अब भी पर्यवेक्षण, तर्क तथा विवेक के आधार पर ही की जाती है।

अपरदन-सतह के निर्धारण के लिए आन्तरमैतिक विधियों का भी प्रयोग किया जाता है। इनमें प्रमुख हैं—तुलनात्मिक आवृत्ति आयत आरेख एवं वक्र (allometric frequency histogram and curve) तथा अध्यारोपित परिच्छेदिका।



चित्र 187—उत्थित समप्राय मैदान पर भूवैज्ञानिक सरचना में विभिन्नता के आधार पर घर्षण की मात्रा में अन्तर।

A—कठोर शैल पर समतल अपरदन सतह का निर्माण।

B—विभिन्न स्तरों तथा उनकी स्थितियों के आधार पर घर्षण की मात्रा में अन्तर।

C—कठोर शैल के अनावरण के बाद कमजोर शैल का घर्षण तथा उर्मिल पृष्ठ (rolling surface) का निर्माण। आर० जे० स्माल, 1970, के अनुसार।

अपरदन सतह का सहसम्बन्ध तथा तिथिकरण (Correlation and Dating)

विभिन्न अपरदन-सतहों में सह-सम्बन्ध स्थापित करना तथा उनका तिथिकरण एक जटिल स्वाकृतिक समस्या है। किसी भी अपरदन-सतह की आयु-निर्धारण के लिए सर्वाधिक प्रचलित विधि यह है कि उस अपरदन सतह का सम्बन्ध अन्यत्र स्थित ऐसी अपरदन-सतह से किया जाता है, जिसकी आयु पहले से ही ज्ञात हो। सह-सम्बन्ध के लिये किसी भी सतह की उन सभी बिंदुओं पर अपरदन-सतहों को लिया जाता है, जो कि समान ऊँचाई पर स्थित होते हैं। इस विधि को 'ऊँचाई सह-सम्बन्ध' (Height correlation) कहा जाता है। ऐसा विश्वास किया जाता कि प्रारम्भ में सभी अपरदन-सतहें (एक ही ऊँचाई वाली) अविच्छिन्न (Continuous) रूप में विस्तृत रही होंगी। आगे चलकर कुछ स्थानों पर अपर-

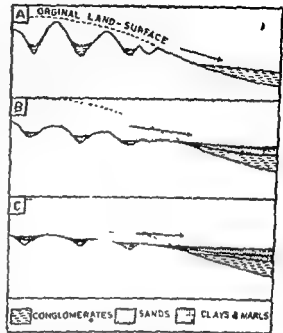
दन अधिक हुआ होगा, जिस कारण ये अपरदन-सतहें एक दूसरे से असंग हो गई होंगी। परन्तु यह विधि अत्यधिक माध्याकरण पर आधारित है, क्योंकि इन प्राचीन अपरदन-सतहों का मंचलन (Warping) के कारण विन्मण अवश्य हुआ होगा। अतः यह आवश्यक नहीं है कि समान ऊँचाई पर मिलने वाली अपरदन-सतहों का निर्माण एक ही समय में एक ही साथ हुआ हो। हो सकता है कि कुछ अपरदन-सतहें वर्तमान ऊँचाई की अवसवन (Downwarping) के कारण प्राप्त हुई हों तथा कुछ उर्वसन (Upwarping) के कारण। प्रायः प्रत्येक क्षेत्र में टैशियरी पर्वतीकरण के कारण अपरदन-सतहों में उर्वसन हुआ है, अतः "ऊँचाई-सह-सम्बन्ध" का टैशियरी के पहले की अपरदन सतहों के लिये प्रयोग नहीं किया जा सकता है। इस विधि का प्रयोग क्वाटरनरी युग में निमित अपरदन-सतहों के सह-सम्बन्ध के लिये अवश्य किया जा सकता है।

अपरदन-सतहों का तिथिकरण 'भू-वैज्ञानिक असम-विव्यस' (Geological unconformity) के आधार पर भी किया जाता है। प्रायः ऐसा होता है कि अपरदन सतह के निर्माण के बाद उसके ऊपर मलबा का निक्षेप हो जाता है तथा अपरदन-सतह अन्तर्हित हो जाने के कारण सुरक्षित रह जाती है परन्तु यह सर्वद्व सम्भव नहीं हो पाता है, क्योंकि कभी-कभी ऊपरी जमाव का आवरण हट जाता है तथा अपरदन-सतह पुनर्जीवित (Resurrected) हो जाने के कारण उसमें विन्मण हो जाता है। परन्तु जब कभी भी ऊपरी निक्षेप का आवरण बना रहता है तो उसके आधार पर अपरदन-सतह का तिथिकरण किया जाता है। इस विधि के अन्तर्गत सामान्य रूप में यह मान लिया जाता है कि सभी अपरदन सतहों के ऊपर मलबा का आवरण अवश्य होता है। परन्तु उत्थित भाग तथा अत्यधिक विच्छेदित भाग पर मलबा का टिन पाना कठिन हो जाता है। कभी-कभी अपक्षय आदि क्रियाओं द्वारा मलबा-आवरण में परिवर्तन भी हो जाता है तथा कभी-कभी नूतन जमाव के कारण प्रारम्भिक जमाव में मिश्रण के कारण जटिलता आ जाती है। इतना ही नहीं अपरदन-सतह के निर्माण में प्रयुक्त प्रक्रम जलवायु का ही प्रतिफल होता है, आवश्यक नहीं है। उदाहरण के लिए यदि किसी अपरदन-सतह पर सागरीय जमाव के तत्त्व मिलते हैं तो यह आवश्यक नहीं है कि उस अपरदन-सतह का निर्माण सागरीय प्रक्रम द्वारा ही हुआ है, क्योंकि यह सम्भव है कि उस अपरदन-सतह का निर्माण जलीय प्रक्रम

(Fluvial process नदी) द्वारा हुआ हो और उसके पास ही स्थित उच्च सागरीय भाग (Marine surface) से मृदासर्पण (Soil creep solifluction) तथा अवपतन (Slumping) के कारण सागरीय मलबा सरक कर उस अपरदन-सतह पर बिछ गया हो। इसी तरह सागरीय जलति वाणी अपरदन-सतह के ऊपर नदीय जमाव के लक्षण मिल सकते हैं। पहले इस अपरदन सतह का निर्माण, जबकि उसके ऊपर सागरीय विस्तार रहा होगा, सागरीय प्रक्रम द्वारा हुआ होगा। तदनंतर सागर का निवर्तन (Retreat) हो गया होगा, जिसके मन्द दान पर प्राचीन सतह से विस्तृत अनुवर्ती (Extended consequent) सरिताओं का आविर्भाव हुआ होगा, जिन्होंने सपाट सतह के कारण विसर्पण (Meandering) के द्वारा नदीय मलबा का आवरण बिछा दिया होगा। इस तरह अपरदन-सतह के ऊपर स्थित मलबा के आधार पर सतह का तिथिकरण सतर्कता से किया जाना चाहिए। किम ने भी बताया है कि मलबा-आवरण से केवल अपरदन-सतह के निर्माण की अन्तिम अवस्था का समय ही ज्ञात हो पाता है। उनका निर्माण कब प्रारम्भ हुआ था, ज्ञात नहीं हो पाता है। दूसरे, इस विधि में अपरदन सतह के निर्माण के समय केवल (अन्तिम अवस्था में) अन्तिम प्रक्रम का ही आभास मिल पाता है। उदाहरण स्वरूप किम ने बताया है कि अफ्रीका में 'पोण्डवाना पेडीप्लेन' का निर्माण पोण्डवाना-लैंड के विभजन से पहले ही हो गया था, परन्तु आगे चलकर उस पर यत-यत मायोसीन जमाव का आवरण बिछ गया, जिस कारण गलती से कुछ लोगों ने 'पोण्डवाना पेडीप्लेन' की तिथि 'मध्य टर्शियरी' बता डाली है।

जमाव द्वारा तिथिकरण की एक अन्य विधि भी प्रयोग में लायी जाती है, जिसके अन्तर्गत समीपी भाग (अपरदन-सतह के आस-पास) के मलबा-जमाव के क्रम (Sequence) के आधार पर अपरदन-सतह के निर्माण की प्रक्रिया तथा उसकी तिथि का निर्धारण किया जाता है। प्रायः ऐसा होता है कि उच्च भाग का जब अपरदन होता है तो उसका जमाव समीपी निचले भाग में होता है। प्रारम्भ में बड़े-बड़े कणों वाले कालोमरेट का जमाव सबसे नीचे होता है। इसके बाद मध्यम कणों वाले बालुका पत्थर का निक्षेप होता है, और सबसे ऊपर बारीक मृत्तिका तथा मार्श (Fine clay and marl) का निक्षेप

होता है। इस तरह के 'जमाव चक्र' (Cycle of deposition) के द्वारा उच्च स्थल के क्रमिक अपरदन, ढाल-पतन तथा अपरदन-सतह के विकास का स्पष्ट आभास मिल जाता है।



चित्र 188—अपरदन तथा निक्षेपण में सम्बन्ध।  
A—उच्च भाग का अपरदन तथा निचले भाग में कालोमरेट का निक्षेपण। B—उच्च भाग के सतत अग्र क्षय (down wasting) द्वारा उनका अवनयन तथा कालोमरेट के ऊपर रेत का निक्षेपण। C—उच्च भाग पर स्थित घाटियों में (नीचे से ऊपर) रेत तथा मृत्तिका एवं समीपी भाग में कालोमरेट, रेत तथा मृत्तिका के निक्षेप का अनुक्रम (Sequence)। आर० जे० स्मार्थ, 1970, के अनुसार।

अपरदन-सतह की उत्पत्ति की प्रक्रिया तथा तिथि का निर्धारण उस पर विकसित प्रवाह-प्रणाली के आधार पर भी किया जाता है। इसके लिये उन स्थान की प्रवाह-प्रणाली के विकास के इतिहास की पुनर्वचना करनी पड़ती है, जो स्वयं एक जटिल समस्या है।

छोटानागपुर उच्च प्रदेश की अपरदन-सतह<sup>1</sup>  
(Erosion Surfaces of Chhotanagpur Highlands)  
छोटानागपुर की उच्चभूमि के भूाकृतिक इतिहास में कई अपरदन-चक्र पूरे हो चुके हैं, परन्तु इनमें से कुछ

1. Singh, R. P., 1969 : "Geomorphological evolution of Chhotanagpur Highlands, NGS Varanasi, pp 108-120 (Adaptation)."

अपरदन-चक्र के प्रमाण प्राप्य नहीं है, तथा भू-वैज्ञानिक संरचना, उच्चावच, निक्षेप, प्रवाह-प्रणाली, क्षेत्र में पर्य-वेक्षण आदि के आधार पर उनकी पुनर्रचना के प्रयास विधे गये हैं।

(ii) पूर्व डाल्मा सतह (Pre-Dalma Surface)—छोटानागपुर उच्च भूमि का प्रारम्भिक वाकृतिक इतिहास आर्कियन उत्थान से प्रारम्भ होता है जिस कारण छोटे-छोटे प्रवाह-प्रणाली (Trellis drainage pattern) का निर्माण हुआ होगा। जलाशय अपरदन के कारण उत्थित भाग का परिवर्तन समप्राय मैदान के रूप में हो गया होगा, परन्तु उन्नीसवीं सदी तक लावा-प्रवाह के कारण 'पूर्व डाल्मा अपरदन-चक्र' में व्यवधान हो गया। यद्यपि लावा-प्रवाह के समय उत्थान के प्रमाण नहीं मिले हैं तथापि बलित लावा-चादर (पोरहट पहाड़ी में) इस बात का प्रमाण है कि लावा-प्रवाह के बाद भी उत्थान हुआ था। पूर्व डाल्मा सतह की पहचान करना कठिन कार्य है, क्योंकि इस प्रथम अपरदन-चक्र के बाद कई अपरदन-चक्र घटित हो चुके हैं, जिस कारण 'बहु-चक्रीय उच्चावच' (Polycyclic reliefs) के कारण प्रारम्भिक स्थलाकृतिक लक्षण इतिहास के अतीत में विहीन हो गये हैं। सम्भवतः डाल्मा सावा कहीं-कहीं पर प्रारम्भिक अपरदन-सतह को सुरक्षित रखने में समर्थ हो पाया है। परन्तु सम्भावना यही है कि लावा-प्रवाह के बाद लम्बे अवकाश के कारण लावा चादर का पूर्णतया अपरदन हो गया होगा, जिस कारण अपरदन-सतह का अनावरण हो गया होगा, जिस पर अत्यधिक घर्षण (Dissection) होने के कारण उनके अवशेष भी समाप्त हो गये होंगे। धनजोरी उच्च भूमि (Dhanjori highlands) में अपरदनात्मक विषम विव्यास (Erosional unconformity) के कुछ अंश देखने को मिलते हैं, जहाँ पर 'पूर्व डाल्मा सतह' के ऊपर धनजोरी बालुका पत्थर-कांजोमरेट पाया जाता है।

(iii) पूर्व कैम्ब्रियन अपरदन-सतह—डाल्मा सावा-प्रवाह के समय से लेकर कैम्ब्रियन युग के पहले तक जलिया अपरदन-चक्र चला रहा, जिस कारण ग्रेनाइट-नीस आधार का अनावरण हो गया। परिणामस्वरूप अपरदित ग्रेनाइट सतह का निर्माण हो गया। कोस्तान उच्च भूमि में पुनः 'अपरदन विषम विव्यास' के अवशेष पाये जाते हैं, जो कि धनजोरी से, नूतन हैं, क्योंकि

'कोल्हान बालुका पत्थर-कांजोमरेट' का निक्षेप अनाच्छादित ग्रेनाइट सतह के ऊपर क्षैतिज रूप में हुआ है। इसी तरह में छोटे-छोटे उच्च भूमि के 300 फी. भाग में 'पूर्व कैम्ब्रियन ग्रेनाइट सतह' के ऊपर 'विन्ध्यन बालुका पत्थर तथा लाइमस्टोन' का जमाव हुआ है।

(iv) कार्बोनिफेरस अपरदन सतह—कार्बोनिफेरस युग में गोडवानालैंड का व्यापक रूप में हिमानीकरण हुआ जिसके प्रमाण (छोटानागपुर के हिमानीकरण के निम्न) तालचौर के गोनाथम स्तर (Boulder beds) से प्राप्त होते हैं। हिम-चादर का प्रसार पूर्व दिशा की ओर हुआ माना जाता है। कार्बोनिफेरस हिमकाल के कारण प्राग्मिक अपरदन-चक्र का अध्याप समाप्त हो जाता है। हिम-चादर के प्रसार के कारण कार्बोनिफेरस के पूर्व की स्थलाकृति का लोप हो गया क्योंकि एक तो हिम-चादर ने पूर्व निर्मित स्थलाकृति को ढक लिया, दूसरे अंगसर होती हुई हिमचादर ने पहाड़ियों का अपरदन करके उन्हें समतल बना दिया होगा तथा घाटियों को निक्षेप द्वारा भर दिया होगा। इस तरह हिमानीकरण के बाद एक 'मोनोटोनस तरंगित स्थलाकृति' (Monotonous undulating topography) का निर्माण हुआ होगा, जिस पर व्यवस्थित प्रवाह-प्रणाली की अनुपस्थिति रही होगी। निवर्तन-शील (Retreating) हिमचादर के कारण दलदल, झीलें आदि का निर्माण हुआ होगा। धीरे-धीरे लघु सरिताओं के एकीकरण (Integration) के कारण सुनिश्चित प्रवाह-प्रणाली का विकास हुआ होगा।

(v) पर्मियन द्वितीयक अपरदन सतह—कार्बोनिफेरस हिम-चादर के निवर्तन के बाद छोटे-छोटे उच्च भूमि में अपरदन तथा स्थलाकृतिक विकास का नया अध्याप प्रारम्भ होता है। इस समय (पर्मियन) उच्च भाग में पर्याप्त अनाच्छादन हुआ। मध्य गोडवाना समय में इसी अपरदन-चक्र के माध्य 'महादेव श्रेणी' (Mahadeo series) के स्थूल चानुका पत्थर का निर्माण हुआ। द्वितीयक युग में पुनः उत्थान हुआ, जिस कारण गोडवाना अवसाद का तीव्र गति से अपरदन हुआ। वास्तव में करनपुरा, बोकारो, जरिया और रानीगंज की कोयले की खानें गोडवाना अवसाद के अवशेष हैं। स्थान-स्थान पर लम्बवत घर्षण हुए हैं परन्तु इनसे जमाव के क्षैतिज स्तरीकरण में अव्यवस्था नहीं हो पायी है।

(vi) गोडवाना अपरदन सतह—पर्मियन-द्वितीयक अपरदन-चक्र में अन्तिम भूरेखित तथा प्रारम्भिक क्रीट-मियम युग में ज्वालामुखी-उद्गार के कारण व्यवधान

उपस्थित हो गया। तीर्थेन्द्रिय युग में ही भारत का गोडवानालैण्ड से अलग हो गया। इसी समय मानसून जलवायु के आदिभाँव के कारण तीव्र अपरदन प्रारम्भ हो गया। इस अपरदन-काल की 'गोडवाना चक्र' (Gondwana cycle) के नाम से जाना जाता है। इसी प्रकार की गोडवाना सतह दक्षिणी अमेरिका, अफ्रीका, प्रायद्वीपीय भारत तथा आस्ट्रेलिया में पाई गई है। इस चक्र को पूर्व टर्शियरी चक्र के नाम से भी जाना जाता है। डेकन ट्रैप के कारण 'गोडवाना चक्र' की समाप्ति हो गयी। अधिकांश प्रवाह रेखाएँ (Drainage lines) तिरोहित हो गईं। 'गोडवाना सतह' विस्तृत तथा तरंगित (Undulating) निम्न मैदान के रूप में थी जिसका ढाल पूर्व की ओर 'पूर्व टर्शियरी सागर' की ओर था। पश्चिम में अधिकतम ऊँचाई 1600 फीट से अधिक नहीं रही होगी तथा पूर्व की ओर तरंगित सतह की ऊँचाई 1000 फीट के आस-पास रही होगी। रन्तु इस तरंगित अपरदन-सतह में उत्थान भी हुआ, जिस कारण स्थान-स्थान पर ढाल-भंग (Breaks in slopes) का आविर्भाव हुआ।

(vi) टर्शियरी युग में क्रमिक तीन उत्थान के कारण अधिकांश सतह में उत्थान हो गया तथा जगह-जगह पर नमन (Tilting), घ्रानन, अवतनन आदि की भी क्रियाएँ घटित हुईं। प्रारम्भिक मायोसीन युग में प्रथम उत्थान हुआ, जिस कारण छोटानागपुर में 1000 फीट का उत्थान हुआ, जिस कारण नूतन सरिताओं के आविर्भाव के साथ ही नया अपरदन-चक्र प्रारम्भ हो गया। अन्तिम प्लायोसीन युग में दूसरा उत्थान हुआ, जिस कारण पश्चिमी छोटानागपुर में पुनः 1000 फीट का उत्थान हुआ तथा अन्तिम उत्थान 700-1000 फीट का हुआ। दक्षिण-पश्चिमी भाग में कुल 3000 फीट का उत्थान माना गया है। इस तरह समस्त भाग में कई उत्थित सतहें देखने को मिलती हैं। पश्चिम में पश्चिमी पठार रॉची पठार से 1000 फीट ऊपर है। रॉची, हुमारीबाग, कोल्हान बाघमुण्डी उच्च भाग के पश्चित किनारे उत्थान को प्रमाणित करते हैं, जिनके ऊपर तरंगित सपाट सतहें (Undulating flat surfaces) दृष्टिगत होती हैं, जिसके ऊपर अवशिष्ट (Residual) पेट्राडिफा स्थित है।

स्वर्णरेखा, कांची तथा राक नदियों के मार्ग में ढाल-भंग (Breaks in slopes) द्वारा रॉची पठार में उत्थान का आभास मिलता है। उत्तरी कोइल, सख तथा बूझ नदियों में उपरी मार्ग में ढाल-भंग रॉची और पलासू में

अन्तिम टर्शियरी उत्थान को इंगित करते हैं। यदि छोटा-नागपुर की सरिताओं की अनुप्रस्थ परिच्छेदिकाओं का व्यवलीकन किया जाय तो उनकी घाटियों में अधकतन (Incision) का स्पष्ट आभास मिलता है।

पश्चिमी छोटानागपुर में उत्थान के साथ टर्शियरी चक्र प्रारम्भ होता है। मध्य टर्शियरी उत्थान (Mid tertiary upliftment) के कारण टर्शियरी चक्र में व्यवधान उपस्थित हो गया जिस कारण 'मध्य टर्शियरी चक्र' जिसे 'हुन्दरू प्रपात चक्र' (Hundru falls cycle) के नाम से भी जाना जाता है का मूलपात हुआ। (मायोसीन युग में)। पठार के किनारों पर सरिताओं की तरुण अवस्थाओं में इस चक्र के प्रमाण मिलते हैं। उत्तर-पूर्व ६० से ७० दिशा में अनेक प्रपात मिलते हैं, जिनमें बड़े ढाल वाले कबार (Scarp), हण्डिट शेन स्तर (Truncated strata), प्रपात के नीचे गार्ज तथा भ्रश-रेखा के पास अधिक दानप्रवणता आदि सर्वत्र समान रूप में मिलते हैं। छोटानागपुर के ६०-७० भाग में सामान्य उत्थान के कारण टर्शियरी अपरदन-चक्र में भी व्यवधान उपस्थित हो गया। पालभूम में स्वर्णरेखा घाटी के पश्चिमी भाग में विरोधक उत्थान (Differential upliftment) के कारण 'हुन्दरू चक्र' में व्यवधान हुआ है। स्वर्णरेखा में प्राचीन समप्राय मैदान के 300-400 फीट नीचे नवीन सतह का निर्माण किया है। इस सतह पर छोटे-छोटे पठार प्राचीन अपरदन-सतह (समप्राय मैदान) के परिचायक हैं। अन्तिम अपरदन चक्र के दौरान पालभूम के दक्षिणी भाग में जलोढ़ का जमाव हो गया है। जलोढ़-युक्त वेदिकाएँ अभिनव उत्थान को प्रदर्शित करती हैं।

प्रायद्वीपीय भारत का कालानुक्रम अनाच्छादन (Denudation Chronology of Peninsular India)  
प्रायद्वीपीय भारत का स्थलाकृतिक चक्र (The Landscape Cycles of Peninsular India)

सामान्य परिचय—कालानुक्रम अनाच्छादन के अन्तर्गत किसी भी क्षेत्र के स्थलरूपों के ऐतिहासिक विकास का अध्ययन किया जाता है अर्थात् यह देखा जाता है कि अमुक क्षेत्र के स्थल रूपों का वर्तमान रूप अपने विकास की किन्-किन अवस्थाओं से गुजरने के बाद प्राप्त हुआ है। प्रायः ऐसा विश्वास किया जाता है कि स्थलरूपों का ऐतिहासिक विकास आघार-तल में क्रमिक पिगवट के कारण होता है। जिस समय सागर-तल समतल रहता है, उस समय पर्याप्त समय के प्राप्त हो जान के कारण

अनाच्छादन के कारण ऐसे स्थलरूपों का विकास अवश्य हो जाता है, जिनकी स्पष्टता के साथ पहचान की जा सके। ऐतिहासिक विकास की जानकारी में अपरदन-सतह अधिक सहायक होती है। अतः अपरदन-सतहों की पहचान तथा उनका विधिकरण एवं प्रवाह-प्रणाली के विकास के विवरण कालानुक्रम-अनाच्छादन में महत्वपूर्ण होते हैं। इसका उल्लेख इसी अध्याय में पहले ही कर दिया गया है।

**प्रायद्वीपीय भारत का वर्तमान रूप**—प्रायद्वीपीय भारत का वर्तमान रूप उत्पान, अनाच्छादन, लावा-प्रवाह आदि क्रियाओं के लम्बे इतिहास का प्रतिफल है। जहाँ कहीं भी प्रायद्वीपीय भारत के ऊपरी स्वरूप को देखा जाय, बहुचक्रीय स्थलाकृति अपने अतीत की गथा लिये सामने आ जाती है। प्रायद्वीपीय भारत चारों तरफ से प्राचीन घटित अवशिष्ट पर्वतों तथा पहाड़ियों से आवृत है। उत्तर-पश्चिम में अरावली पहाड़ियाँ गुजरात से दिल्ली तक फैली हैं तथा भूतल के प्राचीनतम भाग को प्रशंसित करती हैं तथा अति अनाच्छादन के होने पर भी 4000 से 5000 फीट की ऊँचाई वाली छिट-पुट चोटियों से भरी पड़ी है। उच्चतम भाग माछण्ड भाग 5650 फीट ऊँचा है। अरावली को काट करके कई सरिताएँ (माही तथा सूनी अरब सागर की ओर तथा बम्बल और बवास यमुना नदी में) प्रवाहित होती हैं। दक्षिण की ओर मातवा का पठार विन्ध्यन श्रेणियों से घिरा है। वास्तव में विन्ध्यन श्रेणियाँ भू-भ्रंश घाटी (Rift valley) के एस्कापमेंट के रूप में परिलक्षित होती हैं। विन्ध्यन श्रेणियाँ इन्दौर से भोपाल, बरेलखण्ड होती हुई मामाराम (बिहार) तक फैली हैं। विन्ध्यन के समान ही कैमूर श्रेणियाँ सोन घाटी के एस्कापमेंट के रूप में फैली हैं। मातवा पठार को नदियों ने काट करके वीहडो (Ravines) में बदल दिया है। उदाहरण के लिए बुन्देलखण्ड में गंगा अनेकों वीहडो देखने को मिलते हैं। नर्मदा के दक्षिण में “दकन टेबुल लैण्ड” तिमिजा-कार रूप में फैला है, जिसके तीनों किनारों पर पर्वत श्रेणियाँ तथा पहाड़ियाँ पाई जाती हैं। नर्मदा के द० में सतपुड़ा की पहाड़ियाँ, प० में राजमहल से लेकर विभिन्न रूपों में पूर्वी में राजमहल तक फैली हैं। पश्चिम में इसकी गुम्बदाकार मरचना “दकन लावा” के नीचे दबी पड़ी है। पूर्व में इसकी अपरदन-सतह पर एरिडला-क्रम की महादेव पहाड़ियाँ (या पंचमढी पहाड़ियाँ) फैली हैं। अमरकंटक के आम-यास मैकाल श्रेणी, जिसका निर्माण

आकियन शील्ड तथा “दकन ट्रैप” से हुआ है, कि ऊँचाई अधिक हो जाती है। पूर्व में पुनः इतका विस्तार सरपुजा, राँची तथा हजारो बाग की पहाड़ियों के रूप में पाया जाता है। सतपुड़ा तथा प्रायद्वीपीय भारत की पर्वत श्रेणियों तथा पहाड़ियों की सबसे बड़ी विशेषता यह है कि इनके शिखर नुकीले न होकर चपटे होते हैं। सतपुड़ा में भ्रंशन की क्रियाएँ अत्यधिक हुई हैं, जिस कारण इसमें नदियाँ गहरे गार्ज से होकर प्रवाहित होती हैं। सतपुड़ा के उत्तर में नर्मदा की तथा दक्षिण में ताप्ती की भू-भ्रंश घाटियाँ हैं। नर्मदा तथा ताप्ती नदियाँ प्रायद्वीपीय भारत के सामान्य ढाल के विपरीत दिशा में (पश्चिम की ओर) प्रवाहित होती हैं।

प्रायद्वीपीय भारत के पश्चिम में पश्चिमी घाट पर्वत ताप्ती की दृश्चुअरी से लेकर कन्या कुमारी अन्तरीप तक फैले हैं। पश्चिमी घाट का अरब सागर की ओर का सोपानाकार रूप भ्रंशन की क्रिया को इंगित करता है। बहुत कम ही नदियों ने पश्चिमी घाट को पार करने का प्रयास किया है। पूर्व में पूर्वी घाट पहाड़ियाँ विभिन्न रूप में मयूरभञ्ज से नीलगिरि तक फैली हैं। पूर्व-बाहिनी नदियों ने पूर्वी घाट को खण्डों में विभक्त कर रखा है। पूर्वी घाट का पश्चिमी घाट से सम्बन्ध नीलगिरि द्वारा तथा सतपुड़ा से छोटानागपुर की पहाड़ियों से हो जाता है। दक्षिण में पालघाट द्वारा अन्नामलाई पहाड़ियाँ नीलगिरि से अलग हो जाती हैं। अन्नामलाई की एक शाखा उ० पू० दिशा में पत्तनी पहाड़ी के रूप में व्याप्त है। पूर्व में प्रायद्वीपीय भारत की पहाड़ियाँ आन्नाम श्रेणियों के रूप में व्याप्त हैं। प्रायद्वीपीय भारत में अतीत में बिस्तृत भ्रंशन, नमन (Tilting), वगन की क्रियाओं का सामना किया है। भ्रंशन के कारण प्रायद्वीपीय भारत कई छोटे-छोटे पठारी भागों (मातवा पठार, दकन टेबुललैण्ड, छोटानागपुर का पठार, मैसूर पठार) में विभक्त हो गया। इन घाटियों (भ्रंश) में मम्मूख के बगारों का अत्यधिक अपरदन हुआ है, जिन कारण वीहडो का निर्माण हो गया है। प्रायद्वीपीय भारत की इस बहुचक्रीय स्थलाकृति (संयुक्त स्थलाकृति Composite landscape) का आविर्भाव लम्बे समय तक अपरदन की कई अवस्थाओं के कारण हो पाया है। इस दौरान सागर-तल में कई बार परिवर्तन हुए हैं तथा कई अपरदन-चक्र घटित हुए हैं।

**स्थलाकृति का विकास**

प्रायद्वीपीय भारत की स्थलाकृति का विकास कई अपरदन-चक्र, अवसादीकरण, लावा-प्रवाह, पर्वतीकरण,

शील ह्वाप्तरण, नमन (Tilting), विशारण (Tearing); सुस्थितिका (Eustatism), स्थलरूपों का व्यापक पुनर्जीवन (Resurrection) आदि का प्रतिफल है जो कि पालिम्पेस्ट स्थलाकृति (palimpsest) की उदाहरण है। प्रायद्वीपीय भारत के लगभग आधे भाग की प्राचीनतम संरचना का अनाच्छादन के कारण अनावरण (Exposure) हो गया है तथा अन्य भागों पर नवीन जमाव का आवरण बिछ गया है। यदि प्रायद्वीपीय भारत की स्थलाकृति के चक्रीय विकास का देखा जाय तो इनमें सागर-तन में धनात्मक तथा स्थलात्मक परिवर्तन, लावा-प्रवाह, जलवायु परिवर्तन, चक्र में व्यवधान आदि स्पष्ट रूप में परिचित होते हैं। 'यदि कुछ 'चक्रों' की छान अब भी सुरक्षित है जिसका उद्घाटन किया जा सकता है तो कुछ चक्र अनीत में विलीन हो गये हैं (आर० पी० सिंह)।<sup>1</sup>

### भू-वैज्ञानिक संरचना (Geological Structure)

स्थलरूपों के निर्माण में भू-वैज्ञानिक संरचना एक महत्वपूर्ण प्रभावकारी कारक होती है तथा प्रायद्वीपीय भारत की भू-वैज्ञानिक संरचना, यद्यपि कुछ प्रारम्भिक संरचना नष्ट हो चुकी है, उससे आकृतिक स्वरूप को व्यक्त करने में पूर्णतया समर्थ है। प्रायद्वीपीय भारत की संरचना का इतिहास गोडवानालैंड के दृढ़ भूखण्ड से जुड़ा हुआ है। प्रायद्वीपीय भारत के 'कातानुकम-अनाच्छादन' के अध्ययन के लिए उसके "क्षर शील-विज्ञान" (Stratigraphy) का सक्षिप्त विवरण देना समीचीन जान पड़ता है। प्रायद्वीपीय भारत का प्रारम्भिक संरचनात्मक जमाव 'आर्कियन समूह' से प्रारम्भ होकर 'आर्कियन समूह' के अभिनव जमाव (डेटा का अभिनव जमाव, अभिनव उत्थित पुनिन (Raised beaches), कोरल तट आदि) के साथ समाप्त हो जाता है (आगे भी जमाव होता रहेगा)।

(1) आर्कियन वर्ग—की चट्टानों में प्रमुख है आर्कियन क्रम की नीस तथा ग्रेनाइट तथा धारवार क्रम की चट्टानें। धारवार क्रम की चट्टानें मैसूर में धारवार तथा बेनारो जिले में, कर्नाटक तथा छोटानागपुर में साहर श्रेणी के रूप में, बालाघाट तथा छिन्दवाड़ा में चिपली

श्रेणी के रूप में, रीवाँ तथा जबलपुर में गोंडाइट श्रेणी, विशाखापट्टनम में कोडूराइट श्रेणी, मिहमूमि में डाल्मा ट्रेप तथा अरावली श्रेणियों के रूप में पाई जाती हैं। धारवार चट्टानों का रूपान्तरण अत्यधिक हुआ है तथा इनमें जीवावशेष (Fossils) नहीं पाये जाते हैं। चट्टानें अपने मूलरूप में अर्थात् क्षैतिज रूप में नहीं पाई जाती हैं।

(ii) पुरातात्विक—की चट्टानों में दो समूह प्रमुख हैं—

1. कुडाप्पा क्रम की चट्टानें तथा 2. विन्ध्यन क्रम की चट्टानें। विन्ध्यन युग में पूर्व अगमानिकियन समय में कुडाप्पा क्रम की चट्टानों का जमाव हुआ। इनका निर्माण ग्रेन, स्कोट क्वार्ट्जाइट तथा चूने के पत्थर से हुआ है परन्तु रूपान्तरण के कारण इनका रूप बदल गया है। इनमें जीवावशेष नहीं पाये जाते हैं यद्यपि उस समय तक पृथ्वी पर जीवों का आविर्भाव हो चुका था। जमाव की दृष्टि से कुडाप्पा चट्टानें दो रूपों (ऊपरी तथा निचली कुडाप्पा) में पाई जाती हैं। उन चट्टानों का वितरण, कृष्णा घाटी में कृष्णा श्रेणी के रूप में, नल्लामलाई श्रेणियों में नल्लामलाई श्रेणी के रूप में, चेयार घाटी में चेयार श्रेणी वापाघनी घाटी में वापाघनी श्रेणी तथा पठार के उत्तरी पश्चिमी भाग में दिल्ली श्रेणी के रूप में पाया जाता है। पुराना वर्ग की द्वितीय महत्वपूर्ण चट्टान "विन्ध्यन" के रूप में पायी जाती है। इसका विस्तार एक लाख वर्ग किमी. क्षेत्र में पाया जाता है। ये चट्टानें पूर्व में विहार के रोहतास तथा सासाराम से पश्चिम में राजस्थान के चित्तौड़गढ़ तक फैली हैं। ये परतदार शील हैं, जिनका जमाव जल में हुआ है। जमाव की दृष्टि से इनके दो भाग हैं। 1. निचली विन्ध्यन तथा 2. ऊपरी विन्ध्यन। निचली विन्ध्यन चट्टानें—सोन घाटी में सेमरी श्रेणी, आंध्रप्रदेश में कर्नूल श्रेणी, भीमा घाटी में भीमा श्रेणी, तथा राजस्थान के जोधपुर तथा चित्तौड़गढ़ में कलनी श्रेणी के रूप में पायी जाती हैं। ये चट्टानें मातवा तथा बुन्देलखण्ड के कुछ भागों में भी पायी जाती हैं।

(iii) द्रविडियन वर्ग (Dravidian Group)—में अनेक क्रम की चट्टानें पाई जाती हैं, जिनमें प्रमुख है ऊपरी विन्ध्यन क्रम। इसका निर्माण कैम्ब्रियन युग में हुआ था।

1. "While the imprint of some cycles has been preserved and can be deciphered, that others have been obliterated by the ceaseless march of time" Singh, R. P., 1960: Structure, drainage and morphology of Chhotanagpur Highlands, Geographical Outlook, Vol II, No III, p. 2.



इस क्रम की चट्टानों का निर्माण नदियों में जमाव के फल-स्वरूप हुआ है। इनमें प्रमुख चट्टानें बालुका पत्थर तथा कागलोमरेट है। ऊपरी विन्ध्यन चट्टानों का विस्तार भाण्डेर श्रेणी, रीवा श्रेणी तथा कैमूर श्रेणी के रूप में पाया जाता है।

(iv) आर्यन वर्ग (Aryan Group)—की चट्टानों का जमाव पमियन से लेकर जुरैसिक युगों तक हुआ है। इनमें सर्वप्रमुख है—गोंडवाना क्रम की चट्टानें। इन चट्टानों में तोड-फोड बहुत कम हुआ है तथा ये चट्टानें अपनी वास्तविक अवस्था में पाई जाती हैं। अधिकांश चट्टानों का निक्षेप नदियों की घाटियों में हुआ है तथा इनकी परतें क्षैतिज रूप में पाई जाती हैं। इन्हीं चट्टानों में कोयले का जमाव पाया जाता है तथा भारत का 98 प्रतिशत कोयला गोंडवाना क्रम की चट्टानों में ही प्राप्त होता है। गहराई के अनुसार गोंडवाना क्रम की चट्टानों को तीन वर्गों में विभाजित किया जाता है। 1. निचला गोंडवाना-क्रम का जमाव पमियन से कार्बोनिफेरस युग तक हुआ। 2. मध्य गोंडवाना-क्रम का निक्षेप ट्रियासिक युग तथा 3. ऊपरी गोंडवाना-क्रम का जमाव जुरैसिक युगों में हुआ है। इन चट्टानों का विस्तार गोदावरी नदी की घाटी महानदी की घाटी, गोदावरी की महापक नदियों वेतगंगा तथा बाघा नदियों की घाटियों में, कच्छ, काठियावाड़ पश्चिमी राजस्थान तथा विशाखापट्टनम तक पाया जाता है। निचले गोंडवाना-क्रम में तालचौर श्रेणी,

बामुदा श्रेणी तथा रानीगंज श्रेणी के रूप में ये चट्टानें पायी जाती हैं। इन भागों में पर्याप्त मात्रा में कोयला पाया जाता है। मध्य गोंडवाना-क्रम में चट्टानें मलेरी उप श्रेणी, महादेव उप श्रेणी तथा पंचहेत उपश्रेणी के रूप में पायी जाती हैं।

क्रीटेशियस युग में प्रायद्वीपीय भारत के ऊपर ज्वालामुखी-क्रिया के कारण व्यापक लावा-प्रवाह हुआ जिसका जमाव 2,00,000 वर्ग मील क्षेत्र में हो गया। प्रायद्वीपीय भारत में लावा की परत की गहराई 2000 से 5000 फीट तक पाई जाती है तथा अत्यधिक गहराई 10,000 फीट तक है। लावा-ट्रैप का विस्तार गुजरात, महाराष्ट्र, मौराष्ट्र तथा पश्चिमी मध्य प्रदेश में पाया जाता है। इसके अलावा छिट-फुट रूप में मद्रास तथा बिहार में भी इसका वितरण मिलता है। दक्षिणी ट्रैप (Deccan trap) को तीन भागों में विभाजित किया जाता है—1. निचला ट्रैप 5000 फीट गहरा, 2. मध्यवर्ती ट्रैप 4000 फीट गहरा तथा 3. ऊपरी ट्रैप 1500 फीट गहरा। इस प्रकार प्रायद्वीपीय भारत की आकियन चट्टानों पर क्रीटेशियस तक की चट्टानों का जमाव हुआ है। कच्छ तथा काठियावाड़ एवं दक्षिणी-पूर्वी तटीय भागों में सागरीय अतिक्रमण (Transgression) के उदाहरण मिलते हैं, जिस कारण छिट-फुट रूप में जुरैसिक, क्रीटेशियस तथा टर्शियरी युगों के मागरीय जमाव के उदाहरण मिलने हैं परन्तु यह जमाव नगण्य है।

समूह (Group)	क्रम (System)	श्रेणी (Series)	युग	वितरण
1 आकियन वर्ग	आकियन क्रम	1 बगाल नीस	वीविसियन	प० बङ्गाल, बिहार, उड़ीसा, कर्नाटक, मैसूर आदि।
	1. नीस और	2. बुन्देलखण्ड नीस		बुन्देलखण्ड, गालापाट, मैसूर, अर्काट आदि।
	ग्रेनाइट जमाव	3 कार्नाकाइट श्रेणी		नीलगिरि, पलनी, मेरवाण आदि।
	2 धारवार क्रम	1 डकन धारवार	इयूरोनियन	धारवार तथा बेतारी (मैसूर)
		2 मध्य भारत		नागपुर, छिदवाडा,
		(i) सामर श्रेणी		भण्डारा (मध्य प्रदेश)
		(ii) चित्पी श्रेणी		बालाघाट, छिदवाडा (मध्य प्रदेश)
		(iii) गोडाइट श्रेणी		रीवा, जबलपुर, बालाघाट, छिदवाडा,
				नागपुर (म० प्र०), बागवारा (राज०)
		(iv) बोंडूराइट श्रेणी		विशाखापट्टनम
		(v) चौह खनिज श्रेणी		रांची, हजारीबाग, गया, तिहूभूमि, मयूरभोज आदि।

वर्ग (Group)	क्रम (System)	श्रेणी (Series)	युग	वितरण
		3 उ० प० धारदार (vi) अरावली श्रेणी (vii) चम्पानेर श्रेणी		राजस्थान गुजरात
2. पुराना वर्ग	1. कुडाप्पा क्रम (अ) निचला कुडाप्पा क्रम (ब) ऊपरी कुडाप्पा क्रम (स) दिल्ली क्रम	अनमानिक्यन 1. पापाघनी श्रेणी 2. चेयार श्रेणी 3. नन्नामलाई श्रेणी 4. कृष्णा श्रेणी 1. रयालो श्रेणी 2. अलवर श्रेणी 3. अजयगढ़ श्रेणी		पापाघनी घाटी चेयार घाटी, बीजावर नन्नामलाई पहाड़ी कृष्णा घाटी राजस्थान
	2. विन्ध्यन क्रम (अ) निचल विन्ध्यन क्रम (ब) ऊपरी विन्ध्यन क्रम	1. सेमरी श्रेणी 2. पयनी श्रेणी 3. कर्नूल श्रेणी 4. भीमा श्रेणी 5. मलानी श्रेणी 6. भाण्डेर श्रेणी	टारिडोनियन	मोन घाटी चित्तौड़, जोधपुर कर्नूल (आन्ध्र प्रदेश) भीमा घाटी मरवार (राजस्थान) उ० प० दकन पठार (अरावली आदि)
		7. रीवा श्रेणी		रीवा
3. द्वितीय वर्ग	—	—	कैम्ब्रियन से मध्य कार्बोनिफेरस	मध्य भारत की ऊपरी विन्ध्यन श्रेणियाँ
4. आर्यन वर्ग	1. गोडवाना क्रम (अ) निचला गोडवाना क्रम (ब) मध्य गोडवाना क्रम (ग) ऊपरी गोडवाना क्रम (द) क्रीटेशियस क्रम (i) निचला क्रीटेशियस क्रम	1. तावचौर श्रेणी 2. दामुदा श्रेणी 3. पचहेत श्रेणी 4. महादेव श्रेणी 5. मनेरी श्रेणी 6. राजमहल श्रेणी 7. जबलपुर श्रेणी 8. उमिया श्रेणी	ऊपरी कार्बोनि- फेरस से जुरैसिक डैनियन	तालचौर दामुदा (बङ्गाल), सतपुड़ा, गनीगज राजमहल पचहेत महादेव तथा पचमडी पहाड़ी (सतपुड़ा) सतपुड़ा, गोदावरी प्रदेश दामोदर घाटी, राजमहल पहाड़ी जबलपुर, चौगान, दामोदर घाटी, उमिया बञ्छ
		—		बारोमण्टल लट नर्मदा घाटी

वर्ग (Group)	क्रम (System)	श्रेणी (Series)	युग	वितरण
(11) ऊपरी क्रीटेशियस उतातुर अवस्था	क्रम	द्विचनावल्ली अवस्था अरियालुर अवस्था		द० पू० तटीय भाग
(५) दक्कन ट्रैप (मावा-प्रवाह)	क्रीटेशियस निचिला डियोसीन			कच्छ, काठियावाड़, गुजरात, मध्य प्रदेश, मध्य भारत, हैदराबाद, दक्कन आदि

### (२) टर्शियरी क्रम

1 गुजरात—सूरत तथा भटौंच के बीच मृत्तिका, बजरी, बालुका प्रस्तर तथा चूने का प्रस्तर का निक्षेप (डियोमीन)।

2 काठियावाड़—काठियावाड़, प्रायद्वीप के मुहूर्त पू० तथा प० छोर पर पथरीले चूने के पत्थर का निक्षेप (ओलीगोसीन में प्लायोमीन)।

3 कच्छ—मक्खे नीचे जलज शैल, मध्य में पथरीला चूने का पत्थर तथा मक्खे ऊपर मृत्तिका, माले तथा बूना प्रधान बालू पायी जाती है।

4 राजपूताना—अरावली के प० में बीकानेर, जोधपुर तथा जैमलमर में चूने का प्रस्तर पाया जाता है (डियोमीन)।

5 कारोमण्डल तट—ममस्त कारोमण्डल तट पर जीवाश्मय धुवन जमाव (डियोमीन में प्लायोमीन तक) पाया जाता है। इनमें सर्वाधिक महत्व कुडालोण श्रेणी है, जो कि उत्तर में उधोसा में लेकर द० में कुमारी अन्तर्गोप तक फैली है। इसी तरह का जमाव पश्चिमी तट पर द्रावणकोर के रत्नगिरि तट पाया जाता है। इनमें प्रमुखता बालुका पत्थर की है।

6 मलाबार तट—द्रावणकोर तथा कोचीन तट पर ऊपरी टर्शियरी के जमाव मिलते हैं। चूने के पत्थर की तरह में मॉलस्कम (Molluscus), मूंगा (Corals) तथा फोरोमिनीफेरा के अवशेष मिलते हैं।

### (५) प्लीस्टोमीन जमाव

प्रायद्वीपीय भारत पर लैटराइट (प्लायोसीन का) जमाव। ऊपरी कुडालोण बालुका पत्थर, राजपूताना के बालुका स्तूप (Sand dunes) तथा मोयस, समरीय किनारे पर उन्नित पुलिन (Raised beaches), पोर-

बन्दर बालुका प्रस्तर, पूर्व पापाण काल की बजरी (Gravel), निम्न-तलीय लैटराइट, नर्मदा तथा गोदावरी के पुरातन जलोढ़ (Alluvium) तथा कर्नूल का कन्दरा जमाव।

### (५) अभिनव जमाव

कोरम तट, अभिनव उन्नित पुलिन तथा डेंटाशा का नूतन जलोढ़।

यदि प्रायद्वीपीय भारत के भूगर्भिक इतिहास को देखा जाय तो इसके कैम्ब्रियन युग के बाद पूर्णतया या अर्धे पैमाने पर भाग में निम्नजित होने तथा पर्वतीकरण के प्रमाण नहीं मिलते हैं। कैम्ब्रियन युग से पहले केवल स्थानीय गायत्रीय अतिक्रमण के लक्षण मिलते हैं जिस समय कुडाप्पा तथा विन्ध्यन अवसादीकरण (Sedimentation) हुआ माना गया है। इसका बाद यदि सागरीय अतिक्रमण प्रायद्वीप पर हुआ है तो स्थानीय एवं अल्प-कालिक रहा है, जिस कारण किनारे वाले भाग पर ही सागरीय जल का प्रसरण हो पाया है। हर्सीनियन पर्वतीकरण के कारण ही दामोदर, सोन तथा महानदी की घाटियों में विदरण (Teating) माना गया है। यद्यपि टर्शियरी पर्वतीकरण का प्रत्यक्ष प्रभाव प्रायद्वीपीय भारत पर नहीं हो पाया, परन्तु उसका कुछ प्रभाव अवश्य हुआ है, जिस कारण कहीं पर उत्थान तो कहीं पर उत्सवलय या अवसवलय (Upwarp and downwarp) हो गये।

प्रायद्वीपीय भारत के अनाच्छादित दृश्यांश (Outcrops) यह इंगित करते हैं कि प्रारम्भिक पर्वतीकरण के फलस्वरूप पश्चिम दिशा की ओर मुके बलन का निर्माण हुआ होगा। इसके बाद तीव्र पर्वतीकरण के कारण उ०-उ०५० दिशा में गमपनति (Anticlinorium)

का निर्माण हो गया।<sup>1</sup> दिल्ली-अरावली मेखला के कारण उ० ५०-६०५० दिशा में एक समभिनति (Synclinalorium) का निर्माण हो गया। डाल्मा तथा घनजोरी लावा-प्रवाह के पहले ही आकियन पर्वतों का सपाटीकरण हो गया तथा वे समप्राय मैदान में परिवर्तित हो गये। प्रायद्वीपीय भारत के अनाच्छादनात्मक इतिहास में निम्न अवस्थायें बताई जा सकती हैं।<sup>2</sup>

**पूर्व धारदार स्थलाकृति (Pre-Dharwar Landscape)**—प्रायद्वीपीय भारत का इतिहास आद्यनिमित्त (primeval) मौलिक ढोल सतह से प्रारम्भ होता है। इस सतह पर सम्बन्ध समय तक अपरदन तथा अवसादीकरण का दौर चलता रहा। इन अवसादों का कई बार आकुञ्चन (Buckling) तथा स्पान्तरण हुआ, जिस कारण प्रायद्वीपीय भारत की आधारभूत (Basal) नीस तथा ग्रेनाइट चट्टानों का निर्माण हुआ। इनके बीच में पुन लावा का प्रवेश स्थान-स्थान पर हुआ, जो कि नीलगिरि, पलनी तथा शेवराय की "चार्नोकाइट" (Charnockites) के रूप में आज भी दृष्टिगत होते हैं। कैम्ब्रियन युग के पहले पाँच भूसन्नतियों का अनुमान किया जा सकता है—(i) धारदार भूसन्नति, (धारदार में प्रारम्भ होकर पूरे मैसूर तक विस्तृत), (ii) पूर्वी घाट भूसन्नति, (iii) सतपुड़ा भूसन्नति, (iv) अरावली भूसन्नति तथा (v) दिल्ली भूसन्नति।

**धारदार स्थलाकृतिक चक्र (Dharwar Landscape Cycle)**—उपरोक्त भूसन्नतियों में निमित्त प्रारम्भिक पर्वतों पर धारदार अपरदन-चक्र प्रारम्भ हुआ होगा। इन पर्वतों का सपाटीकरण (Planation) कैम्ब्रियन से पहले हो ही गया होगा। यद्यपि हिरोन (Huron) के अनुमान अरावली का सपाटीकरण मेसोजोइक कल्प में हुआ था। इस समय अपरदन, अवसादीकरण (Sedimentation) तथा लावा-प्रवाह सम्वन्ध समय तक चलता रहा। आकियन बलन के साथ कई अनुदैर्घ्य (Longitudinal) तथा अनुप्रस्थ (Transverse) सरिताओं का आविर्भाव हुआ। इनकी अपरदित घाटियों में अवसादीकरण (घनजोरी कांसोमेरेट) तथा लावा-प्रवाह (डाल्मा घनजोरी लावा) के निक्षेप उपलब्ध हुये हैं। मध्य प्रदेश में प्रारम्भ होकर छोटानागपुर से होकर पश्चिमी बंगाल के मिदिना-

पुर जिले तक स्थलाकृति के विकास में आकियन डाल्मा लावा-प्रवाह का नियंत्रण परिलक्षित होता है। प्रायद्वीपीय भारत की अत्यधिक अनाच्छादित सतह पर कुछ सागरीय अतिक्रमण के भी प्रमाण मिले हैं (कुड़ाया तथा विन्ध्यन सागर)। कुड़ाया सागर का नीलगिरि-पराद्वियो तक प्रसार हुआ होगा, जहाँ पर सागरीय जमाव का अपरदन (बाद में) हो गया होगा। कुड़ाया सागर का आन्ध्र तथा मध्य प्रदेश के कुछ भागों पर भी प्रसार हुआ होगा। विन्ध्यन तथा कुड़ाया सागर के बीच का भाग जीवावशेष रहित जमाव द्वारा प्रदर्शित होता है। अरावली से सासाराम तक विन्ध्यन सागर का विस्तार रहा होगा। मध्यवर्ती उच्च भाग शुष्क था, जो कि छोटानागपुर से होकर आसाम तक फैला था। मगधवत नवदा तथा सोन घाटी में 'बिजाबर सागर' का विस्तार रहा होगा परन्तु कुड़ाया जमाव के पहले यह निरोहित हो गया होगा। आगे चलकर बुन्देलखण्ड के उ० ५० में अवतलन के कारण सागर का विस्तार हो गया, जिसमें 'ब्यालियर कम' का जमाव हुआ (ओल्डहम)।

**कुड़ाया विन्ध्यन स्थलाकृतिक चक्र**—कुड़ाया तथा विन्ध्यन निक्षेप में उत्थान हुआ, जिस कारण नवीन अपरदन चक्र प्रारम्भ हुआ। पश्चिमी घाट के सतपुड़ा के दक्षिणी ढाल से आने वाली नदियों में 'कुड़ाया सागर' में निक्षेप करना प्रारम्भ कर दिया। इसी तरह सतपुड़ा तथा अरावली से आने वाली नदियों ने 'विन्ध्यन सागर' में जमाव करना प्रारम्भ कर दिया। इस तरह आकियन प्रवाह (Archaean drainage) के तीन अध (पश्चिमी घाट, सतपुड़ा तथा अरावली) थे। विन्ध्यन श्रेणी के आविर्भाव होने के साथ ही कई अनुवर्ती (Consequent) परवर्ती (Subsequent) तथा प्रत्यनुवर्ती (Obsequent) सरिताओं का आविर्भाव हुआ। इस नवीन प्रवाह-क्रम के उद्भव के कारण अरावली तथा सतपुड़ा के प्रवाह-क्रम (Drainage system) को पुनर्समायोजित करना पड़ा।

**विन्ध्यन हिमानीकरण (Vindhyan Glaciation)** सोन नदी घाटी का गोलार्ध उत्तर (Boulder bed), केन घाटी का टिलाइट (Tillite), पाण्डव प्रपात तथा सेमरी श्रेणी का 'जलोय महाद्वीपीय जमाव' विन्ध्यन श्रेणियों में हिमानीकरण की प्रमाणित करता है। विन्ध्यन

1. Pichamuthu, C. S 1961 Tectonics of Mysore State Proc. Ind Acad. Sci, 53.
2. प्रस्तुत विवरण प्रो० आर० पी० सिंह के शोध पत्र "Landscape Cycles of Peninsular India", पर आधारित है।

श्रेणियों के ऊपरी भाग पर हिम-नदियों ने मृत्ताओं के उद्गम स्थल को आच्छादित कर लिया होगा। इन हिम नदियों के अगल-बगल परिहिमानी प्रक्रम भी सक्रिय रहे होंगे। रुण्डित नदियाँ (Truncated streams) निचले भाग में अपने को वायव्य रखने में समर्थ हो गई होंगी। शीघ्र ही हिमानी का तोप हो गया, जिस कारण अस्त-व्यस्त प्रवाह-क्रम का आविर्भाव हुआ होगा।

**कैम्ब्रियन स्थलाकृतिक चक्र**—विम्ब्रियन श्रेणियों के ऊपर से हिमानी के लोप के साथ कैम्ब्रियन के अन्त में नवीन अपरदन-चक्र प्रारम्भ हो गया। समस्त प्रायद्वीप के विन्ध्यन जमाव के ऊपर सम्ये समय तक अपरदन चलता रहा, जिस कारण उल्हावच, प्रवाह आदि में पर्याप्त अन्तर हुए। अरावली का भी पर्याप्त अपरदन हुआ, जिस कारण ऊँचाई में ह्रास हो गया। परन्तु अरावली के समप्राय मैदान (Peneplain) में परिवर्तन क्रोटीसियस के पहले हो पाया था। यद्यपि कैम्ब्रियन चक्र के कारण प्रायद्वीप के उल्हावच ऊँचाई में अत्यधिक कम हो गये थे, तथापि प्राचीन पर्वतों के इतने अवशेष अवश्य बच रहे कि उनकी पहचान की जा सके।

**कार्बोनिफरस हिमानीकरण तथा स्थलाकृति**—कार्बोनिफरस युग में समस्त गोडवानालैंड (२० अमेरिका, अटलांटिका, अफ्रीका, मैडागास्कर, प्रायद्वीपीय भारत तथा आस्ट्रेलिया का सम्मिलित रूप) का व्यापक हिमानीकरण हुआ। यद्यपि कार्बोनिफरस हिमानीकरण के अवशेष, उत्थान तथा अपरदन के कारण अधिकांश रूप में नष्ट हो गये हैं, तथापि उनके छिट-पुट अवशेषों के आधार पर यह बताया जा सकता है कि हिम चादर की अब अरावली पर रही होगी, जहाँ से उसका विस्तार पू० तथा द० ५० दिशा में अरावली हजारीबाग श्रेणियों के अक्ष के सहारे हुआ होगा। राजमहल में गोदावरी तथा रानीगज से नागपुर तक कार्बोनिफरस हिमानीकरण के पर्याप्त लक्षण मिलते हैं। हिमचादर में प्रसार तथा निवृत्तन (Retreat) के कारण कार्बोनिफरस सागर में क्रमशः उतार चढ़ाव हुआ, जिस कारण स्थल पर सागर का अतिक्रमण हुआ। हिमचादर के अग्रगमन (Advancement) के कारण कार्बोनिफरस के पहले की स्थलाकृति पर हिम-चादर का आवरण हो गया, जिस कारण पहले का स्थलाकृति चक्र समाप्त हो गया। कुछ नदियों का निचला भाग हिम से आच्छादित न हो सकने के कारण रुण्डित (Truncated) हो गया। तालचीर में सरोवरी-अवस्था (Limnological stage) थी। बेसिन में 50-

100 फीट की गहराई तक गोलाग्रम (Boulders) के जमाव हुए। वास्तव में तालचीर में प्रारम्भिक हिमोढ़ द्वारा शीलों का निर्माण हो गया था, जिनमें गोलाग्रम का निक्षेप सम्भव हो पाया। हिम के पिघलने से प्राप्त जल इन शीलों में एकत्र हो गया तथा कई अन्य मरिताओं को भी जन्म दिया। आगे चलकर 'सरोवरी अवस्था' समाप्त हो गई तथा गर्म वातावरण आ गया, जिस कारण तादा युक्त शैल का निक्षेप हुआ। रानीगज तथा पचहल श्रेणियाँ इस तरह के जमाव के प्रतिकूल हैं। 'कामयो' तथा 'हजिर' स्तर भी अपेक्षाकृत गर्म जलवायु की ही इंगित करते हैं। 'हरसीनियन हलचल' (Hercynian movement) के कारण प्रायद्वीपीय नीस युक्त धरातल पर विदारण (Tearing) हुआ, जिस कारण कई 'विवर्तनिक बेसिन या माद' (Tectonic troughs) का निर्माण हुआ। इस तरह की क्रियाएँ महानदी, दामोदर तथा गोदावरी के क्षेत्रों में अधिक हुई, जिसकी धूमती हुई घाटियों में हजारों फीट गहरे अवसाद का जमाव हुआ। इन बेसिन में हिमद्रवण जल वाली सरिताओं (Melt water streams) ने मलबा का जमाव किया।

**गोडवाना स्थलाकृतिक चक्र**—कार्बोनिफरस-हिमानी-कृत सतह तथा गोडवाना अवसाद, विषम विन्ध्यत (Unconformity) द्वारा अलग होते हैं। गोडवाना अवसाद विवर्तनिकी बेसिनों में सुरक्षित हैं, यद्यपि उनमें परिमार्जन अन्यत्र हुए हैं। इसी समय गोडवाना जमाव के साथ ही साथ 'राजमहल बेसिन' का भी निर्माण (सावाप्रवाह) हुआ। अपरदन के कारण प्रायद्वीप में मोनोक्लाइन (प्रारम्भिक क्रोटीसियस) तक समप्राय मैदान (Peneplain) में बदन चुका था। जिन भागों में अपरदन तीव्र नहीं था, वहाँ पर निक्षेप जनित स्वरूपों (Aggradational landforms) का निर्माण अवश्य हुआ। गोडवाना-चक्र के समय प्रायद्वीपीय भारत पर द० में उ० दिशा में ढाल का विकास हुआ होगा परन्तु आगे चलकर नमन (Tilting) के कारण यह ढाल-अक्ष (Slope axis) बदल गई, परन्तु नीलगिरि (2920 मीटर की ऊँचाई पर) तथा काईमम (2923 मीटर की ऊँचाई पर) पहाड़ियों पर द० उ० ढाल-अक्ष के प्रमाण अब भी मिलते हैं। गोडवाना अपरदन सतह के अधिकांश भाग नष्ट हो चुके हैं, परन्तु मद्रास, मध्य प्रदेश तथा महाराष्ट्र के कुछ भागों के निम्न उल्हावच में गोडवाना सतह के लक्षण मिलते हैं। अरावली तथा विन्ध्यन श्रेणियों के ऊपर भी गोडवाना अपरदन-

सतह के अवशेष के मिलने की आशा व्यक्त की जाती है (प्रो० आर० पी० मिर्)।

**गोडवाना का विभजन तथा गोडवानोपरान्त स्थलाकृतिक चक्र**—प्रायद्वीपीय भारत में मध्य मेसोजोइक कल्प में गोडवानालैण्ड से नाता तोड़ लिया, क्योंकि इस समय गोडवानालैण्ड का विभजन हो गया तथा प्रायद्वीपीय भारत एशिया के साथ सलग्न हो गया। इस समय प्रायद्वीपीय भारत के किनारे पर कई बार सागर का अतिक्रमण हुआ, जिस कारण विघनापत्सी बाय लेमेटा (Lemeta) की क्षैतिज सरचना का आविर्भाव हुआ। कच्छ में समरीय जमाव हुए। गोडवानोपरान्त चक्र में गोडवाना सतह में अपरदन द्वारा नवीन स्थलरूपों का अकन (प्रारम्भिक क्रोस्टियम) किया। सम्भवतः यह चक्र पूर्ण हो गया था। डटेकमण्ड तथा काईमम पहाड़ियों की तिरछी ढलुवा सतह (Bevelled surface) पूर्वी घाट के उच्च शिखर (Summits) महागरम तथा मध्य प्रदेश में इस तरह की मनहू के अवशेष, अरावली और विन्ध्यन श्रेणियों के उच्च भाग 'गोडवानोपरान्त अपरदन-मतह' (Post-Gondwana erosion surface) के प्रत्यक्ष प्रमाण हैं।

**क्रोस्टियम-इयोनीन लावा-प्रवाह** - प्रायद्वीपीय भारत के उत्तरी-पूर्वी किनारे पर राजमहल में लावा का प्रवाह हुआ जे निम्ने 3,96,917 वर्ग किलोमीटर क्षेत्र को प्रभावित किया तथा आकारकी में पर्याप्त परिमार्जन किया। प्रारम्भिक स्थलाकृतिक तथा प्रवाह-क्रम को लावा चादर ने ढक लिया। इयोनीन युग में इस तरह का एक विस्तृत लावा प्रवाह हुआ जिसने आर्कियन, विन्ध्यन तथा लेमेटा की अनाच्छादित सतहों को ढक दिया। इस तरह ढका लावा क्षेत्र (Deccan lava country) का 5,18,000 वर्ग किलोमीटर क्षेत्र में ऊपर जितार हो गया (काठियावाड़ में नागपुर तथा मानवा से धारवार तक)। समूचे समय तक अनाच्छादन के कारण इस लावा-सतह पर पहाड़ी, घाटियाँ तथा मैदानों का निर्माण हुआ। इनमें से कुछ पहाड़ियाँ अब भी दृष्टिगत होती हैं। स्मरणीय है कि इनका निर्माण अनाच्छादन के कारण हुआ है न कि वलन के कारण। विन्ध्यन के ऊपर लावा सतह स्थान-स्थान पर बट गई है, जिस कारण निचली प्राचीन विन्ध्यन स्थलाकृति अलग उठती है। वास्तव में जब प्रायद्वीपीय भारत पर लावा की चादर शीतल होकर ठोस हुई होगी तो उस पर अपरदन-चक्र प्रारम्भ हो गया होगा, जिस कारण सपाट सतह वाले पठार (Table land) का निर्माण हुआ होगा, जिनके किनारे खड़े ढाल वाले हैं। इन पठारों में

कगार का निवर्तन (Retreat) अब भी मज्जि है। जहाँ पर निवर्तनशील (Retreating) कगार आपस में मिल जाते हैं तो गड्ढाकार चोटी का निर्माण होता है। इस तरह की चोटियाँ अब भी दृष्टिगत होती हैं तथा प्रायद्वीपीय भारत की वर्तमान स्थलाकृति के प्रमुख अंग हैं।

**सेनोजोइक स्थलाकृतिक चक्र**

टर्शियरी के आगमन के पूर्व प्रायद्वीपीय भारत के उच्चावच अपरदन-चक्र के कारण समप्राय मैदान में परिवर्तित हो चुके थे। अफ्रीका तथा प्रायद्वीपीय भारत के बीच के भाग के अतटमन के कारण अरब सागर के आविर्भाव के साथ ही पश्चिमी घाट के किनारे का निर्माण होता है। पश्चिमी घाट वर्तमान प्रवाह-क्रम का अक्ष निर्धारित करता है, परन्तु नर्मदा तथा ताप्ती नदियाँ इस व्यवस्था में व्यतिक्रम पैदा करती हैं क्योंकि ये पूर्व में पश्चिम दिशा में प्रवाहित होती हैं। वास्तव में ये नदियाँ भू-भ्रम घाटियों में होकर प्रवाहित होती हैं, जिनका निर्माण हिमालय पर्वतीकरण के फलस्वरूप सम्भव हो पाया। नर्मदा के उत्तर में विन्ध्यन तथा कैमूर श्रेणियाँ, दक्षिण में सतपुड़ा तथा महादेव श्रेणियाँ तथा ताप्ती के दक्षिण में अजन्ता श्रेणी कगार (Scarp) के रूप में विस्तृत हैं। आगे चल कर उ० से १० दिशा में सबलन के कारण नर्मदा, ताप्ती तथा गोदावरी के मार्ग में ढाल भंग (Slope break) हो गया। प्रायद्वीप में नमन के कारण ढाल-भंग के प्रमाण वर्तमान समय की नदियों के निक प्वाइण्ट (Knick points) में देखने का मिलते हैं। वास्तव में टर्शियरी उन्नयन (Uplifts) नमन (Tilting) तथा सबलन (Warps) के कारण नदियों में नवीनमय आ गया, जिसके प्रमाण पठारों की विभिन्न ऊँचाई उच्च स्थल तथा निक प्वाइण्ट में मिलते हैं। माण्ड-तट के पास उन्नित पुलिन (Raised beaches—100-150 फीट) सागर-तल में उल्लेखनीय पविर्तन की जोत हैं।

इस स्थलाकृति को सेनोजोइक अपरदन-चक्र का परिणाम बताया जाता है जिनके प्रमाण उच्च सगत शिखर तल (Accordant summit levels) में मिलते हैं। हैदराबाद बेतारी पठार मेसूर तथा उमरें समीपी भाग, नोलगिरि तथा काईमम-अनवमलाई पहाड़ियों के भाग निश्चय ही समप्राय मैदान (Peneplains) के उदाहरण हैं जिनकी सतह के ऊपर अवशिष्ट पहाड़ियाँ मोना डनाक के रूप में हैं। आन्ध्रप्रदेश तथा उड़ीसा में 3000 फीट की ऊँचाई पर खोण्डालाइट तथा चार्नोकाइट शील

वाली मतह उच्चतम अपरदन सतह है। बस्तर श्रेणी का नीसयुक्त उच्च भाग (2000-3000 फीट) द्वितीय अपरदन-सतह का चोतक है। क्योसर, मयूरभंज तथा मुन्दरगढ़ जिले के घणित मुम्बद (2000 फीट) तृतीय अपरदन-सतह को प्रदर्शित करते हैं।

घाटीरनरी युग में विस्तृत मवलन (Warping) हुआ, जिस कारण अधिकांश नदियों में नवोन्मेष (Rejuvenation) हो गया, परिणामस्वरूप उनके मार्ग में निकष्याइष्ट तथा गार्ज का निर्माण हुआ। घाटी का निम्नवर्ती अपरदन (Valley deepening) तथा शीर्षवर्ती अपरदन (Headward erosion) प्रारम्भ हो गया, जिस कारण अनेक प्रपातो—शिवसमुद्रम (300'), गोक (180'), घुआधार (30'), जिरसप्पा (850'), येना (600') का निर्माण हो गया। प्रवाह-राम में पर्याप्त परिवर्तन हुए। खम्भात-अहमदाबाद क्षेत्र में प्लीस्टोसीन युग में मागरीय अतिव्रमण के कारण 'समप्राय नीस सतह', लावा मतह तथा अन्य प्राचीन चट्टानों पर मागरीय जमाव हुआ। गुजरात में अभिनव उत्थान हुआ है तथा खम्भात में होलोसीन युग में निर्गमन (Emergence) हुआ है। वर्तमान मागरीय तट उन्नित पुलिन (Raised beaches), बालुका स्तूप (Sand dunes), लैगून तथा जलोढ में प्रदर्शित होते हैं। उन्नित पुलिन सागर-तल से 100 से 150 फीट की ऊँचाई पर मिलती हैं। बिल्का तट पर तट रेखा के निर्गमन के उदाहरण मिलते हैं।

**बेलन बेसिन का कालानुक्रम अनाच्छादन तथा**

**अपरदन-सतह का निर्धारण<sup>1</sup>**

दक्षिण में सोन नदी के उत्तरी किनारे के विन्ध्यन स्कार्प के रूप में कैमूर श्रेणी तथा उत्तर में मिर्जापुर पहाड़ियों के बीच अभिनतीय खड्ड (synclinal trough) में स्थित बेलन नदी का अशाणाय तथा देशांतरीय विस्तार क्रमशः 24° 35' उ० से 25° 2' 300'' उ० तथा 81° 45' पू० से 83° 15' पू० तथा क्षेत्रफल 2200 वर्ग मील है।<sup>2</sup> आधारभूत चट्टानें ऊपरी विन्ध्यन इम की बालुका प्रस्तर हैं जिनमें कैमूर, रीयार तथा भाण्डेर क्रम की चट्टानें प्रमुख हैं। इनके अलावा मृण्मय (shale) तथा

चूना प्रस्तर की चट्टानें भी मिलती हैं। जलवायु मान-सूनी है।

**विवर्तनिक सचलन (Tectonic movements)**

ऊपरी अलगानिकन युग में विन्ध्यन मागर में तलछट का जमाव प्रारम्भ हुआ। कैमूर श्रेणी के दक्षिण में दो क्रमिक व्युत्क्रम भ्रंशन (Reverse faults) तथा कैमूर श्रेणी के उत्तरी भाग का उत्तर की ओर झुकाव (tilting) हो जाने से अभिनति का निर्माण हुआ जिसमें बेलन नदी का आविर्भाव हुआ। अनवरत अनाच्छादन की क्रियाओं के कारण बेलन नदी ने समतल सतह (planation surface) का निर्माण कर लिया है।

**अनाच्छादन कालानुक्रम (Denudation chronology)**

बेलन बेसिन का वर्तमान आकृतिक प्रारूप (morphological pattern) निम्न उच्चावच वाले पहाड़ी क्षेत्र के समरूप है। बेलन बेसिन के दक्षिण में स्थित विन्ध्यन कगार प्रदेश (scarpland) सोन नदी तथा बेलन नदी के बीच जनविभाजक के रूप में है। कैमूर श्रेणी से घसर नदी तथा कुछ सीधमी युद्ध सरिताओं को छोड़कर कोई नदी सोन में नहीं मिलती है जब कि उत्तरी ढाल (कैमूर) में कई नदियाँ निकलकर बेलन में मिलती हैं।

बेलन बेसिन का अपरदन-तिहास अलगानिकन युग में प्रारम्भ होता है परन्तु कार्बनिकरस युग में विस्तृत हिमानीकरण के फलस्वरूप जलीय अपरदन-चक्र में व्यवधान पड़ गया क्योंकि धरातल हिमाच्छादित हो गया था। मेसोजोइक युग में जलवायु में परिवर्तन के कारण पुनः जलीय प्रक्रम सक्रिय हो गया तथा लगातार अपरदन एवं अपक्षय की क्रियाओं की सक्रियता के फलस्वरूप जोईसियस युग में बेलन बेसिन का समतलीकरण हो गया और 'कैमूर अपरदन सतह' का निर्माण हुआ जिसके अवशेष आज भी बेलन बेसिन के दक्षिणी भाग पर सबसे अधिक ऊँचाई पर (420 मीटर) दृष्टिगत होते हैं।

टर्शियरी युग में हिमालय-पर्वतोंकरण का प्रभाव बेलन बेसिन में भ्रंशन के रूप में हुआ। इओसीन तथा ओलिगोसीन (टर्शियरी) युगों में भू-सचलन के कारण

1 Singh, Savindra and Srivastava, R., 1976 Geomorphological evolution and erosion surfaces of the Belan Basin, National Geographical Journal of India, Vol 22, No 3 and 4, pp. 124-138.

2. दक्षिण शीर्षक "बेलन बेसिन", अध्याय 27।

बेलन-बेसिन में भ्रमण की क्रियाएँ हुईं। मायोसीन युग के अन्त तक द्वितीय अपरदन-चक्र की समाप्ति पर 'पद्मा अपरदन-सतह' (300 मीटर) का निर्माण हुआ।

प्लायोसीन युग के बाद उत्थान के कारण तृतीय अपरदन-चक्र प्रारम्भ हुआ जिस कारण तृतीय सतह (240 मीटर) का निर्माण हुआ जिसका नामकरण रींदा पठार की रींदा सतह के आधार पर किया गया है। इस सतह का निर्माण प्लोस्टोसीन युग में हुआ।

क्वाटरनरी युग में जलवायु में कई बार परिवर्तन हुए हैं जिस कारण विभिन्न अपरदन प्रक्रम सन्निभ हुए तथा कई तरह के निक्षेप हुए। यदि ऊपरी विन्ध्यन क्रम की चट्टानों के ऊपर क्वाटरनरी युग के जमावों के क्रम का अध्ययन किया जाय तो क्वाटरनरी युग के जलवायु-परिवर्तन का पूर्ण इतिहास संजोया जा सकता है। ऊपरी विन्ध्यन चट्टानों के ऊपर लेटराइट-आवरण से ऊपरी प्लोस्टोसीन अन्तर्हिमकाल (Interglacial period) के उष्ण कटिबंधीय उष्णार्द्र जलवायु का आभास मिलता है। तदन्तर जलवायु में परिवर्तन अन्तिम प्लोस्टोसीन युग में शीत हिमानीय जलवायु के रूप में हुआ जिस समय ग्रैवेल युक्त मृत्तिका (gravel mottled clay) का लेटराइट आवरण के ऊपर जमाव हुआ। वही-वही पर यह जमाव मीधे ऊपरी विन्ध्यन चट्टानों पर भी हुआ। बेलन बेसिन में मिर्जापुर से 32 किमी० ६० व० में कृष्णस्वामी तथा हुबकू द्वारा खनन के समय प्राप्त फलकित (faceted), विह्वित (grooved), तथा धारीदार (Striated) बजरी (gravel), गोलाश्मिका (cobbles) एवं गोलाश्म (boulders) द्वारा भी शीत जलवायु की परिपुष्टि हो जाती है। तदन्तर शुष्क जलवायु का सूक्ष्मपात हुआ, परि-

णाम स्वरूप बड़े-बड़े गोलाश्म तथा गोलाश्मिकाओं का परिवहन स्थगित हो गया तथा वे अपने स्थान पर ही निक्षेपित हो गये। शुष्क जलवायु के बाद पुनः आर्द्र जलवायु का आविर्भाव हुआ जिस कारण अधिक जलवृष्टि के फलस्वरूप बड़े-बड़े गोलाश्मों तथा गुटिकाओं (pebbles) का बड़े पैमाने पर परिवहन प्रारम्भ हो गया। परिणामस्वरूप ये गोलाश्म परिवहन के दौरान मन्निघर्षण द्वारा बारीक होने लगे। इस आर्द्र जलवायु के समय अपरदन की रचनाएँ तीव्र हो जाने में उच्चावच का घर्षण (dissection) प्रारम्भ हो गया जिस कारण अधिकांश स्थानों पर बगरी युक्त मृत्तिका का अनावरण हो गया। तदन्तर शुष्क जलवायु का पुनः सूक्ष्मपात हुआ जिस कारण निचले जमाव पर साल रग की बजरी (gravel) तथा रेत का निक्षेपण हो गया। अल्पकाल के लिए पुनः आर्द्र जलवायु का आविर्भाव हो गया। परिणामस्वरूप पूर्व निक्षेपित जमाव के ऊपर अवमनिकाओं (arroyos and gullies) का निर्माण हुआ। इसी समय तीव्र अपक्षय की क्रिया भी संपन्न हुई। आर्द्रता के बाद पुनः शुष्क जलवायु का साम्राज्य हो गया जिस कारण सभी पूर्व निक्षेपित जमावों पर स्रोयस का निक्षेपण हो गया। अपेक्षाकृत आर्द्र जलवायु के पुनः आगमन के कारण कालीचे (Caliche) जमाव के ऊपरी भाग का घोलिकरण तथा गर्तन (pitting) हो गया। आर्द्र अवस्था में शुष्क अवस्था द्वारा छोड़े समय के लिए व्ययधान हो गया जिस समय असंख्य स्रोयस-टोले का निर्माण हुआ। वर्तमान समय में उष्णार्द्र मानसूनी जलवायु का प्रभाव है जिसकी स्पष्ट छाप यमुना-यमरा-पार सतह (Trans Yamuna Ganga surface - 150 m) में परिलक्षित होती है।

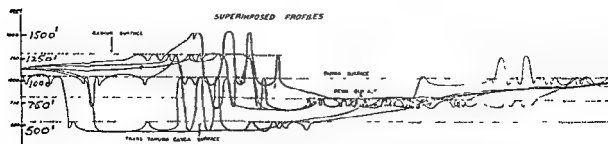
### बेलन-बेसिन का अनाच्छादन कालानुक्रम

महाकल्प, तक	युग	जलवायु	भू-वंशानुगत घटनाएँ	अपरदन-सतह
क्वाटरनरी	नूतन	वर्तमान मानसूनी जलवायु	वर्तमान मिट्टी	यमुना-गंगा पार सतह
	होलोसीन	(अ) अपेक्षाकृत शुष्क (ब) अपेक्षाकृत आर्द्र	वायु निर्मित निक्षेप तिरोहित भूदा-सतह, घोलिकरण, तथा कालीचे (Caliche-रेह) जमाव का गर्तन (pitting)	
		(स) गर्म एवं शुष्क	पुराकल्पीय जमाव, स्रोयस का जमाव	

1. रींदा पठार की पद्मा सतह के आधार पर बेलन बेसिन के परिधारी-भाग की इस सतह का नामकरण पद्मा सतह किया गया है।



महाकल्प/शक	युग	जलवायु	भू-वैज्ञानिक घटनायें	अपरदन-सतह				
टर्शियरी	हिमानी-उपरान्त	अपेक्षाकृत आर्द्र	साल एवं भूरी बजरी (gravel) युक्त चित्रित (mottled) मृत्तिका जमाव का अपरदन तथा अधःकर्तन, अधः अपक्षय					
	अन्तिम-हिमानी तथा अन्तहिमकाल	अपेक्षाकृत आर्द्र	गोलाशम तथा चित्रित मृत्तिका जमाव का अपरदन तथा अधःकर्तन					
	अन्तिम प्लीस्टोसीन	शीत हिमानीय;	गोलाशम-चित्रित मृत्तिका सतह का जमाव,					
	हिमानी काल	शुष्क	सुषार क्रिया					
	प्रारम्भिक प्लीस्टोसीन	उष्ण कटिबन्धीय आर्द्र	विन्ध्यन आधार शैल पर लेटराइट का जमाव	रीवा सतह				
	प्लायोसीन	—	ऊँचाई पर लेटराइट का जमाव	—				
	मायोसीन	—	टर्शियरी कणिकाश्म (grit) तथा बजरी (gravel) का जमाव	पन्ना सतह				
	ओलिगोसीन	—	भ्रंशन	मध्य टर्शियरी भू-संचलन (भ्रंशन)				
	इयोसीन	—	भ्रंशन	प्रारम्भिक टर्शियरी भू-संचलन				
	क्रिटीसियस	—	—	कैम्बूर सतह				
मध्यकल्प/ द्वितीयक शक	×	×	×	×	×	×	×	×
पुराकल्प/ प्राथमिक शक	कार्बोनिफेरस	शीत	हिमाच्छादन					—
	×	×	×	×	×	×	×	×
			अगम विन्यास					
अवगानिकन	—		ऊपरी विन्ध्यन जमाव					(i) कैम्बूर क्षेणी (ii) रीवा क्षेणी (iii) भाण्डेर क्षेणी

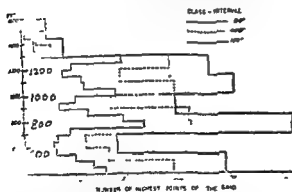


चित्र 189—बेलन-वेसिन की अपरदन-सतह का निर्धारण (अव्यारोपित परिच्छेदिकाओं के आधार पर) ।

## अपरदन-मतह

वेनन-वेमिन क्षेत्र की भू-वैज्ञानिक संरचना, विवर्तनिक तथा अनाच्छादनात्मक इतिहास, औसत ढाल-मानचित्र, तुलनात्मिक आकृति आयत आरेख (altimetric frequency histograms), अध्यारोपित परिच्छेदिकाओं आदि (चित्र 189) के आधार पर उक्त क्षेत्र में स्पष्ट अपरदन-मतहों का आभास मिलता है परन्तु यह आवश्यक नहीं है कि ये मतह पूर्ण अपरदन-चक्र के ही प्रतिफल हैं बरन् इनका निर्माण सम्भवतः अपरदन-चक्र में व्यवधान के परिणामस्वरूप हुआ है। तुलनात्मिक आकृति आयत (चित्र 190 में स्थानिक-ऊँचाइयों की आकृतियों का 500 फीट (150 मी०), 800 फीट (240 मी०), 1000 फीट (300 मी०) तथा 1350-1400 फीट (420 मी०) ऊँचाई-समूह (height-groups) में अधिकाधिक केन्द्रोत्करण तथा अध्यारोपित परिच्छेदिकाओं (चित्र 189) में शिखर-तलों के सादृश्य (Parallelism) के आधार पर चार अपरदन-मतहों का निर्धारण किया जा सकता है (चित्र 190)।

ALTIMETRIC FREQUENCY HISTOGRAM



चित्र 190—वेनन-वेमिन की अपरदन-मतह का निर्धारण (तुलनात्मिक आकृति आयत चित्र के आधार पर)।

(i) कँभूर अपरदन-मतह—कँभूर अपरदन-मतह का प्रतिनिधित्व 1350-1400 फीट (420 मी०) की ऊँचाई वाले सगत शिखर तलों (accordant summit levels) द्वारा होता है। यह अपरदन-मतह रौंदा पठार की भाण्डेर मतह (600-700 मीटर) तथा पूर्वी विन्ध्यन उच्च भाग, कँभूर पहाड़ी एवं विजयगढ़ पठार की 450-500 मीटर मतह का प्रतिनिधित्व करती है। इसका सत्र-सम्बन्ध छोटानागपुर पठार की 610 मीटर मतह

में स्थापित किया जा सकता है। दूग अपरदन-मतह का निर्माण सम्भवतः कोटिमियम युग में हुआ था। वर्तमान समय में इसका अधिकांश भाग नष्ट हो गया है। छिट-पुट रूप में यह मतह वेनन-वेमिन के दक्षिण में कँभूर क्षेत्र में दृष्टिगत होती है।

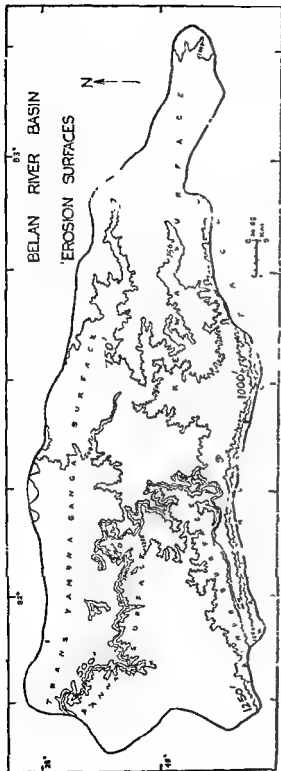
(ii) पन्ना अपरदन-मतह—पन्ना अपरदन-मतह का पूर्णरूपेण प्रतिनिधित्व वेनन-वेमिन में नहीं हो पाया है। यह जासिक रूप में विन्ध्यन कंगार प्रदेश (Vindhyan scarpland) में पायी जाती है। वेनन-वेमिन के मुहूर ८० प० भाग में तथा रौंदा पठार के पूर्वी भाग पर पन्ना अपरदन-मतह 1000 फीट (300 मी०) की ऊँचाई पर पायी जाती है। इन मतह का प्रतिनिधित्व रौंदा पठार की 400-500 मीटर मतह में होता है। मध्य मायोसीन युग में टथियरी उत्थान के कारण ओलिगोमीन-मायोसीन अपरदन-चक्र में व्यवधान ग्रा जाने से इस मतह का निर्माण मायोसीन युग में हुआ होगा।

(iii) रौंदा अपरदन-मतह—रौंदा मतह 800 फीट (240 मी०) की ऊँचाई पर पायी जाती है जिसकी प्रतिनिधि मतह रौंदा पठार पर 300-350 मीटर की ऊँचाई पर मिलती है। प्लायोमीन-उपरान्त उत्थान के कारण रौंदा मतह का निर्माण माना जा सकता है।

(iv) यमुना-गंगा-पार अपरदन-मतह (Trans Yamuna-Ganga Surface) 500 फीट (150 मी०) की ऊँचाई पर स्थित यमुना-गंगा पार मतह का निर्माण रौंदा मतह के उत्तरी भाग के अनाच्छादन के कारण प्लोस्टोमीन तथा नूतन युग में हुआ होगा। यह समतल तथा उर्ध्व पृष्ठ वाली मतह है। यह मतह वेनन-वेमिन के मध्यपूर्वी तथा पश्चिमी भाग में विस्तृत रूप में पायी जाती है।

रौंदा पठार का अनाच्छादन-कालानुक्रम तथा अपरदन मतह का निर्धारण

रौंदा पठार का भू-वैज्ञानिक इतिहास अत्यन्त जटिल है क्योंकि उत्थान लाया-प्रदेश लावा-प्रवाह, अपरदक चक्र में व्यवधान जलवायु-परिवर्तन आदि की विभिन्न घटनाओं तथा प्रवस्थाओं के कारण स्थलाकृतियों में जटिलताओं का मूजन हुआ है तथा सम्पूर्ण स्थलाकृति पाल्म्पसेस्ट (palimpsest) की उदाहरण है। रौंदा पठार के भू-वैज्ञानिक विकास का प्रारम्भिक अध्याय आर्ययन युग में धारदार कथ के तलछट के बलन के साथ प्रारम्भ होता है। तदनन्तर जनीय अपरदनचक्र का मूलपात हुआ जो झाला-लावा-प्रवाह के कारण विजित तथा अव्यव-



चित्र 191—बेलन-बेसिन की अपरदन-सतह।

स्थित (interrupt) हो गया। परिणामस्वरूप तावा-प्रवाह के कारण डाल्मा के पहले की सथाकृति तिरोहित हो गयी। विघ्नित अपरदन-चक्र (interrupted cycle) द्वारा डाल्मा-पूर्व तथा तिमोपेरान सथाकृति (तावा-सरचना) एवं ग्रेनाइट नीस सरचना का परिमार्जन दीर्घ काल तक चलता रहा। ऊपरी कार्बोनिफेरस युग में समस्त छोटानागपुर उच्चप्रदेश पर हिमकाल का साम्राज्य हो गया। उत्तरी तथा दक्षिणी करनपुर कोयला क्षेत्र को छोड़ कर रांची पठार में कार्बोनिफेरस हिमानीकरण के अवशेष नहीं मिलते हैं। कार्बोनिफेरस हिमानीकरण के फलस्वरूप प्रारम्भिक अपरदन-चक्रों के अध्याय सम्भवतः समाप्त हो गये होंगे। हिमचादरो के निवृत्ति (retreat) के कारण जल-मुक्ति से प्राप्त पर्याप्त जल के कारण मये जलोय अपरदन-चक्र का नया अध्याय प्रारम्भ हुआ होगा। इस पर्मियन-ट्रायासिक अपरदन-चक्र के परिणाम-स्वरूप दीर्घकाल तक अनाच्छादन एवं समतलीकरण के फलस्वरूप समस्त रांची पठार समतल प्राय मैदान (peneplain) में परिणत हो गया होगा।

क्रैटैसियस या टर्शियरी युग के प्रारम्भ में पश्चिमी रांची पठार में 305 मीटर का उत्थान हुआ जिसके ऊपर तावा-चादर का जमाव हो गया। इसके बाद रांची पठार में पुन उत्थान की दो ओर घटनायें घटित हुईं। परिणामस्वरूप जलोय अपरदन-चक्र में कई बार व्यवधान हुए। रांची पठार के सीमांत क्षेत्रों में स्थित कंगार तथा एस्कापेमेण्ट, जलप्रपात, निक प्वाइण्ट, ढाल-भंग (breaks in slopes), गार्ज, तरुण सरितायें आदि आज भी टर्शियरी-उत्थान की कहानी कहती हैं। रांची पठार के पश्चिमी भाग में उत्तर-पूर्व (छमार पाट) से दक्षिण-पश्चिम दिशा में स्थित कंगार (जो कि मध्य रांची पठार से 305 मीटर ऊँचा है) टर्शियरी उत्थान का परिचायक है। रांची पठार के द्वितीय सांभूहिक उत्थान के प्रमाण पठार के पूर्वी भाग में स्थित प्रपात-रेखा (हुण्डरू घाघ प्रपात—स्वर्णरेखा नदी पर, जोन्हा या गौतमधारा प्रपात—राकू तथा गंगा नदियों के संगम स्थल पर तथा हात्मन घाघ प्रपात—कोबी नदी पर) के रूप में आज भी विद्यमान हैं।

#### अपरदन-सतह का निर्धारण

रांची पठार की अपरदन-सतहों की संख्या के विषय में प्रारम्भ से पर्याप्त विवाद रहा है। इन महोदय ने पश्चिमी उच्च पठार (पाट प्रदेश) को एक अलग, सम-

प्राय मैदान माना है। एस० पी० चटर्जी (1940) ने उच्च नेटराइट पठार के अलावा रांची पठार पर चार अपरदन सतहों का स्वीकरण एवं निर्धारण किया है। आर० पी० सिंह (1969) ने तीन सतहों की स्वीकारोक्ति की है—(i) क्रीटेशियस लावा-प्रवाह के पूर्व की पश्चिमी उच्च प्रदेश (पाट-प्रदेश) की अपरदन-सतह (915 मीटर), (ii) मध्य रांची पठार की अपरदन-सतह (610 मीटर) तथा (iii) निम्न पठार (Lower plateau) की अपरदन सतह (305 मीटर)। पश्चिमी उच्च पठार की सतह तथा मध्य रांची पठार की सतह की ऊँचाई विभिन्नता (300 मीटर) के लिये इन्होंने दो कारण बताये हैं—(i) या तो पश्चिमी उच्च प्रदेश की सतह क्रीटेशियस लावा-प्रवाह के पहले मध्य रांची पठार से मौलिक रूप में ऊँची रही होगी या (ii) विशेषक अपरदन (differential erosion) के कारण मध्य रांची पठार अत्याधिक अपरदित होकर वर्तमान रूप को प्राप्त हुआ होगा जबकि पश्चिमी उच्च प्रदेश पर लावा के आवरण के कारण रक्षण मिलने के कारण नीम सतह (लावा आवरण के नीचे) अपरदन से अप्रभावित रही होगी। एस० सी० चटर्जी (1945) ने रांची पठार पर तीन या चार अपरदन-सतहों की स्थिति के विषय में आशका व्यक्त की है। ऊँचाईयों में वर्तमान विभिन्नता का प्रमुख कारण उन्होंने विशेषक अपरदन बताया है।

सविन्द्र सिंह (1978) ने रांची पठार तथा उसकी लघु प्रवाह बेसिन के विस्तृत अध्ययन के समय तुलना-मैट्रिक आकृति आयत चित्र तथा वक्र, प्रवणतादर्शी वक्र (clinographic curves) तथा अन्त्यारोपित परिच्छेदिकाओं के आधार पर यद्यपि चार सतहों (न कि अपरदन-सतह) की स्वीकारावृत्ति की है—(i) 1000-1100 मीटर, (ii) 915 मीटर, (iii) 610 मीटर तथा (iv) 305 मीटर। परन्तु इन्हें अपरदन-सतह मानने में अपनी असहमति व्यक्त की है।

सविन्द्र सिंह ने अनुसार पश्चिमी उच्च प्रदेश (पाट-प्रदेश) की 1000-1100 मीटर सतह क्रीटेशियस युग में दक्कन लावा-प्रवाह के समय लावा के जमाव का प्रतिफल है। अतः यह सतह संरचनात्मक (structural) है क्योंकि इसका आधार-तल पर बनी भी गमतीसीकारण नहीं हुआ है, अन्यथा मपाट शिखर वाली मेमा श्रवणकाग पहाड़ी तथा कटक (ridges) के रूप में परिणत होकर मोतड़नाक का रूप धारण कर ली होती। इस प्रदेश

में नीम-तल (ऊपरी) तथा नेटराइट (वर्तमान समय में लावा: ने अपरदन के कारण नेटराइट का रूप धारण कर लिया है) के आधार का निम्न-तल (Junction = 915 मीटर) कई स्थानों पर नदियों द्वारा निम्नवर्ती अपरदन के कारण अनाकृत हो गया है, जो कि मध्य रांची पठार की ग्रेनाइट-नीम सतह (610 मीटर) से 305 मीटर ऊँचा है। अतः 915 मीटर की सतह (पाट-प्रदेश में नीम-सतह जो नेटराइट में ढकी है) टर्शियरी उत्थान से पहले मध्य रांची पठार की सतह (610 मीटर) का ही अवशिष्ट भाग थी जो टर्शियरी युग के प्रथम उत्थान के कारण मध्य रांची पठार की 610 मीटर सतह से 305 मीटर ऊँची हो गयी है। अतः 915 मीटर की सतह उत्थान का प्रतिफल है। पूर्वी तथा दक्षिणी रांची पठार की 305 मीटर की सतह भी पहले मध्य रांची पठार की 610 मीटर सतह का अवशिष्ट भाग थी परन्तु विशेषक अपरदन के कारण (पूर्वी तथा दक्षिणी रांची पठार की अपेक्षाकृत कमजोर चट्टानों का मध्य रांची पठार की अपेक्षाकृत कठोर ग्रेनाइट नीम, चट्टानों में अधिक अपरदन) इन 305 मीटर सतह का निर्माण माना जा सकता है क्योंकि पूर्वी तथा दक्षिणी रांची पठार की सतह पर कई ऐसे समतल शिखर तल (Accordant summit levels) हैं जिनकी ऊँचाईयाँ (610 मीटर) मध्य रांची पठार की ऊँचाई (610 मीटर) के बराबर हैं। अतः रांची पठार की सतह तथा अपरदन-सतह के विषय में निम्न निष्कर्ष दिये जा सकते हैं—

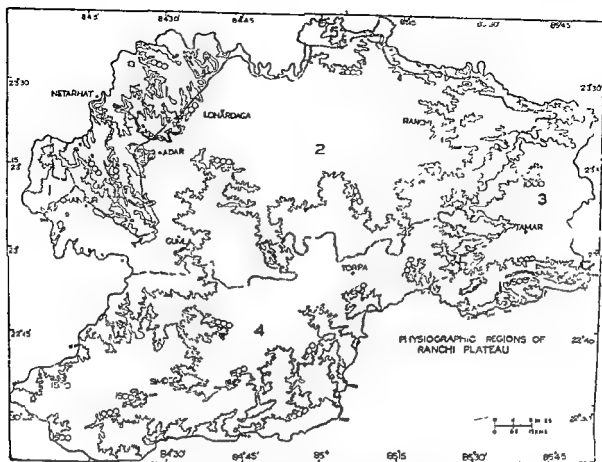
(i) 1000-1100 मीटर सतह—यह पश्चिमी उच्च रांची पठार (पाट-प्रदेश) की सतह लावा जमाव के कारण संरचनात्मक है।

(ii) 915 मीटर सतह—पश्चिमी उच्च प्रदेश में नीम की ऊपरी सीमा प्रदर्शित करती है तथा यह उत्थित सतह है।

(iii) 610 मीटर सतह—यह मध्य रांची पठार की वास्तविक अपरदन सतह है।

(iv) 305 मीटर सतह—यह पूर्वी तथा दक्षिणी रांची पठार की प्रतिनिधि सतह है तथा इसका निर्माण विशेषक अपरदन के कारण हुआ है (चित्र 192)।

उपर्युक्त विवेचन से प्रतीत होता है कि 915 मीटर, 610 मीटर तथा 305 मीटर की सतहें टर्शियरी उत्थान के समय एक ही ऊँचाई की विस्तृत अपरदन-सतह के रूप में रही होगी। टर्शियरी युग में पश्चिमी रांची पठार



चित्र 192—रांची पठार की अपरदन-सतह।

1. पश्चिमी उच्च प्रदेश (पठ-प्रदेश)—915 मीटर सतह, 2. मध्य रांची पठार (615 मीटर सतह), 3 पूर्वी निम्न रांची पठार (305 मीटर सतह), 4 दक्षिणी निम्न घणित पठार (305 मीटर सतह) 5 उत्तरी उच्च प्रदेश।

के 305 मीटर तक उत्थान के कारण 915 मीटर सतह उत्थान के कारण मध्य रांची पठार की 610 मीटर सतह में 305 मीटर ऊँची हो गयी तथा पूर्वी तथा

पश्चिमी भाग में अवधि अपरदन के कारण 610 मीटर की सतह 305 मीटर की सतह में परिवर्तित हो गयी।

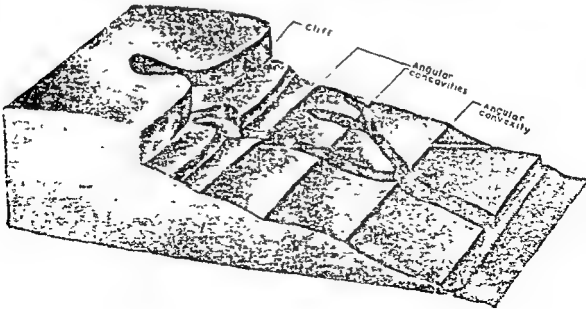
## ढाल-विश्लेषण

(Slope Analysis)

### सामान्य परिचय

ढाल स्थलस्वरूप के प्रमुख अंग हैं, जो कि पहाड़ी तथा घाटी के मध्य उपरिमुखी या अधोमुखी झुकाव होते हैं। इनका आकार अवतल (Concave), उत्तल (Convex), सरल रेखी (Rectilinear), मुक्त पृष्ठ (Free face) या तीव्र दीवालनुमा हो सकता है। समतल मैदानी भाग को छोड़कर ढाल सर्वत्र दृश्य होते हैं तथा पहाड़ी भागी में इनका विकास सर्वाधिक होता है। ढाल के आधार पर ही किसी क्षेत्र की आकृतिक विविधताओं (Morphological characters) का निर्धारण किया जाता है। भौतिक स्थलरूप मुख्य रूप से कई प्रकार के ढालों के समूह मात्र होते हैं। इसी कारण से स्थलरूपों के अध्ययन तथा व्याख्या में ढाल एक कुञ्जी का कार्य करते हैं। इतना ही नहीं ढालों के कारण किसी भी स्थान विशेष के स्थलरूपों में ही विविधता का सूत्रपात होता है। स्थलरूपों का निर्माण तथा विकास भी ढाल के आकार तथा उमर विकास की प्रक्रिया पर निर्भर होता है। इन्हीं कारणों से वर्तमान

समय में भू-आकृति विज्ञान के क्षेत्र में ढालों के विश्लेषण पर सर्वाधिक बल दिया जा रहा है। ऐतिहासिक दृष्टिकोण से ढाल पर किये गये शोधकार्य को दो प्रावस्थाओं में विभाजित किया जा सकता है। प्रारम्भिक काल जब कि ढालों का अध्ययन मुख्य रूप से क्षेत्र में उनके अवलोकन तथा पर्यवेक्षण पर आधारित था। इसके अन्तर्गत डेबिस तथा पेन्क के सराहनीय कार्यों को सम्मिलित किया जाता है, यद्यपि वर्तमान समय में परिमाणात्मक विधि (Quantitative method) के साथ उनके कार्य बाल्पनिय लगते हैं तथा अनेक त्रुटियों में ओत-प्रोत हैं। दूसरा, आधुनिक काल, जिसमें परिमाणात्मक विधि द्वारा ढालों का विश्लेषण किया जाता है। इसके अन्तर्गत सैविजीयर, यंग, वाट्स आदि के कार्यों को सम्मिलित किया जाना है। इनके अलावा ढालों के विश्लेषण में रिच वेगदवर्थ, तासन, रेज तथा हेनरी स्मिथ हार्टन, वासिंग, कालेफ, कालेफ और ग्लूकाम्ब, उड, किंग, स्ट्रुलर, वाइन, मिलर, आइल तथा बलार्क के कार्य सराहनीय हैं। वर्तमान समय में ढालों के पर्यवेक्षण वर्णन विभाजन, मापन आदि के



चित्र 193—आदर्श ढाल के विभिन्न अंग।

अलावा उनके गणितीय मापन तथा वैज्ञानिक वर्गीकरण पर अधिक ध्यान दिया जा रहा है।

ढालों के वर्गीकरण में पर्याप्त मतान्तर है। इसका प्रमुख कारण ढालों के तत्त्व (Elements of slopes) तथा उनके रूपों में भ्रम का होना ही है। कुछ लोगो ने ढालों के प्रमुख तत्त्व (उत्तल, मुक्त पृष्ठ, सरलरेखी या समढाल तथा अवतल) को ढालों के प्रकार बताया है, जो कि सर्वथा गलत है। कोई भी ढाल केवल उत्तल या अवतल नहीं हो सकता है, यद्यपि उसका पूर्णतया प्रभुत्व हो सकता है। कुछ विद्वान सरलीकरण के निम्ने ढालों को विलम्ब ढाल (Cliff slope), उत्तल, अवतल, सरल रेखी ढाल इत्यादि प्रकारों में विभाजित कर लेते हैं तथा जब इनमें से एक से अधिक ढाल एक साथ मिलते हैं तो उनको संयुक्त ढाल (Composite slope) कहते हैं। यह विभाजन न्यायसंगत नहीं है, क्योंकि ये ढाल के प्रकार न होकर उनके तत्त्व या अंग होते हैं। ढालों का वर्गीकरण उनकी उत्पत्ति के आधार पर अधिक वैज्ञानिक होगा। इस तरह के वर्गीकरण को जननिक वर्गीकरण (Genetic classification) कहते हैं। ढालों का वर्गीकरण परिमाण-आत्मक भी हो सकता है। इसके लिये क्षेत्र में ढालों का मापन तथा उसमें प्राप्त आँकड़ों का अध्ययन आवश्यक हो जाता है। उत्पत्ति की प्रक्रिया के आधार पर ढालों को निम्न तीन प्रकारों में विभाजित किया जा सकता है।

(i) विवर्तनिक ढाल (Tectonic Slope)—विवर्तनिक ढाल का निर्माण मुख्य रूप से भूगर्भीक हलचल के कारण धरातल में भ्रमन तथा नमन (Tilting) के कारण होता है। इनमें कगार ढाल (Scarp slope) अधिक महत्वपूर्ण होते हैं।

(ii) अपरदन-आत्मक ढाल (Erosional Slope)—मुख्य रूप से नदियों, हिमनदियों तथा सागरीय तरंगों द्वारा अपरदन के कारण निर्मित ढालों को इस श्रेणी के अन्तर्गत सम्मिलित किया जाता है। नदियाँ "अपरदन चक्र" के दौरान अपनी घाटी के ढालों को विशिष्ट रूप प्रदान करती हैं। तरुणावस्था में उत्तल, प्रौढावस्था में सम्बन्ध तथा जीर्णविस्था में अवतल ढालों का विकास होता है। सागरीय तरंगों तटीय भागों पर विलम्ब का निर्माण करती हैं, जो कि खड़े ढाल वाला होता है। शुष्क रेगिस्तानी भागों में जलीय अपरदन द्वारा ढालों के विभिन्न रूप देखे जाते हैं।

(iii) संचयनात्मक ढाल (Slope of Accumulation)—अपरदन के साधनों द्वारा निक्षेपण तथा विभिन्न अवसादों के संचयन के कारण बने ढालों को संचयनात्मक या निक्षेपात्मक ढाल कहते हैं। नदियों द्वारा निर्मित जलोढ पथ तथा जलोढ शंकु, वायु द्वारा निक्षेपित बालुका मूष (Sand dune) और हिमानी द्वारा निक्षेपित हिमोढ के ढाल उदाहरणस्वरूप प्रस्तुत किये जा सकते हैं। ज्वालामुखी के उद्गार के कारण निम्न पदार्थों के संचयन के कारण निर्मित शंकुओं के ढाल इस श्रेणी के प्रमुख उदाहरण हैं।

निर्माण की अवस्था के आधार पर ढालों को निम्न दो प्रकारों में विभाजित किया जाता है—

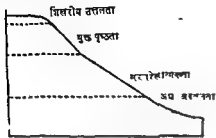
(i) प्राथमिक ढाल (Primary Slope)—इनका निर्माण नदी, हिमनद, हवा, सागरीय तरंगों आदि ने द्वारा अपरदन होने से होता है। नदी द्वारा V आकार की घाटी गार्ज इत्यादि का निर्माण होता है, जिनके बड़े ढाल होते हैं। सागरीय तरंगों अपरदन द्वारा खड़े ढाल वाले विलम्ब तथा हिमनद U आकार की खड़े ढाल वाली घाटियों का निर्माण करते हैं। विवर्तनिक ढाल प्राथमिक ढाल के अन्तर्गत ही सम्मिलित किये जाते हैं।

(ii) द्वितीयक ढाल (Secondary Slope)—जब प्राथमिक ढालों का निर्माण हो जाता है तो उनके ऊपर अपक्षय के कारण तथा धरातलीय अपरदन (Surface erosion) के द्वारा गीण अथवा उपढालों का निर्माण होता है। उदाहरण के लिये भ्रंशन के कारण जब कगार ढाल का निर्माण हो जाता है तो अपक्षय के कारण उत्पन्न अवसादों (ढालस) के कगार ढाल के आधार पर संचयन के कारण टालस शंकु का निर्माण होता है। इसी तरह नदियों की घाटियों की खड़ी दीवारों के ऊपरी भाग में अपक्षय के कारण गीण ढालों का निर्माण होता है। परिणामस्वरूप खड़े ढालों का विनाश होने लगता है तथा वे पीछे हटने लगते हैं और घाटी की चौड़ाई बढ़ने लगती है।

ढालों के तत्त्व (Elements of the Slopes)

यदि किसी पर्वतीय या सागर तटीय ढाल की अनुदैर्घ्य (Longitudinal) परिच्छेदिका का अवलोकन किया जाय तो स्पष्ट हो जायेगा कि शीर्ष से तनी तक ढाल में समरूपता नहीं पायी जाती है। कहीं पर ढाल का आकार उत्तल, कहीं पर तीव्र खड़ा, कहीं पर मन्द ढाल तथा कहीं पर अवतल दृष्टिगत होता है। ढाल के इन विशिष्ट अंगों को ढाल का तरंग कहते हैं। एक आदर्श पहाड़ी ढाल की अनुदैर्घ्य परिच्छेदिका के ऊपर से नीचे चार प्रमुख तत्त्व—उत्तलता (Convexity),

मुक्त पृष्ठता (Free-face), सरल रेखात्मकता (Rectilinearity) तथा अवतलता (Concavity)—पाये जाते हैं। यह आवश्यक नहीं है कि प्रत्येक ढाल में चारों तत्त्व उपस्थित हों ही।



चित्र 194—ढाल के तत्त्व।

(i) उत्तल ढाल (Convex Slope)—पर्वतीय ढाल के सबसे ऊपर वाले भाग में उत्तल ढाल पाया जाता है, जिस कारण इसे शिखरीय उत्तमता (Summital convexity) का विशेषण भी प्रदान किया जाता है। यह भी सम्भाव्य है कि समूचा ढाल उत्तल हो परन्तु सामान्य रूप में उसके ऊपरी भाग में ही उत्तलता का होना अधिक स्वाभाविक होता है। स्वभावतः उत्तलता नीचे की ओर तथा ऊँचाई में विस्तृत होती है तथा ढाल तीव्र होने लगता है। इसी आधार पर वाल्टर पैक ने उत्तल ढाल को वर्द्धमान ढाल (Waxing Slope) की संज्ञा प्रदान की है। परन्तु यह नामावली छामक है, क्योंकि यह आवश्यक नहीं है कि सभी उत्तल ढाल आकार तथा ऊँचाई में बढ़ते ही हैं। उत्तल ढाल का निर्माण मुख्य रूप से अनाच्छादन के प्रक्रमों द्वारा होता है तथा जलोढ की जीनी चादर से ढका रहता है। इसी कारण न इसे “ऊपरी (वृष्टि) धुलन ढाल” (Upper wash slope) कहते हैं। इनका विस्तार आर्द्र शोतोष्ण जलवायु वाले प्रदेशों की लाइमस्टोन तथा खरिया शैल पर सर्वाधिक होता है।

(ii) मुक्त पृष्ठ ढाल (Free-Face slope)—मुक्त पृष्ठ-दीवाल-सदृश तीव्र ढाल वाला होता है जो कि नग्न शैल से मुक्त परन्तु किसी भी प्रकार के अवसादीय आवरण से मुक्त होता है। वास्तव में इसका ढाल इतना तीव्र होता है कि इस पर किसी भी प्रकार के शैल मलबा (Scree) का रुकना कठिन होता है। इस ढाल से होकर शैल-मलबा सरककर या लुढ़क कर नीचे चला जाता है। इस आधार पर मुक्त पृष्ठ ढाल को निष्पावन ढाल (Derivation slope) कहते हैं।

(iii) सरल रेखी ढाल (Rectilinear Slope)—मुक्त पृष्ठ तथा अवतल ढाल के मध्य एक सीधी रेखा वाला ढाल होता है, जिसे सरल रेखी ढाल कहा जाता है। प्रारम्भ में इसका विस्तार सर्वाधिक होता है। समरूपता के कारण इसे सम ढाल या स्थिर ढाल (Constant slope) कहते हैं। इस ढाल पर शैल-मलबा का जमाव आमानी से हो जाता है। अतः इसे मलबा ढाल (Debris slope) भी कहते हैं। इस ढाल का कोण उस पर स्थित मलबा पर आधारित होता है। इसी आधार पर स्ट्रुत्जर महोदय ने इसे रिपोज ढाल (Repose slope—प्रशान्त ढाल) की संज्ञा प्रदान की है। परन्तु यह नामावली असंगत है क्योंकि इसके अनुसार सरलरेखी ढाल की उत्पत्ति सदैव मलबा के एकत्रीकरण से होनी चाहिए, परन्तु यह न्याय-संगत नहीं है क्योंकि कभी-कभी इसका निर्माण अपरदन के कारण चट्टान के मग्न हो जाने से भी होता है। इसमें अतिरिक्त उसके ऊपर मलबा की एक जीनी चादर भी हो सकती है परन्तु यह आवश्यक नहीं है कि वह स्थिर ही हो। प्रायः वह गुरुत्व के कारण नीचे सरकती रहती है। इसी कारण से इस ढाल को मलबा नियंत्रित ढाल (Debris controlled Slope) भी संज्ञा प्रदान की जाती है।

(iv) अवतल ढाल (Concave slope)—किसी भी आदर्श ढाल परिच्छेदिका के मध्य निचले भाग में अवतल तत्त्व मिलता है, जो कि पहाड़ी का सबसे निचला हिस्सा होता है। तथा शून्य-शून्य घाटी की तली के रूप में विलीन हो जाता है। जैसे-जैसे इसका विस्तार होता जाता है, ढाल कम हो जाता है, जिस कारण इसे क्षीयमान ढाल (Waning slope) कहते हैं। इस घाटी तलगार ढाल (Valley floor basement slope या अधः धुलन ढाल (Lower wash slope) भी कहते हैं। इस ढाल का आविर्भाव प्रायः अनाच्छादन द्वारा होता है तथा ढाल था तो नग्न शैल वाला होता है या उस पर मलबा का एक आवरण होता है।

माथेर पठार के ३० व०, ३०, ५० तथा ६० व० क्यारी के सहारे आदर्श ढाल परिच्छेदिका का विकास हुआ है जिस पर प्रायः सभी ढाल तत्त्व मिलते हैं (पृष्ठ 69 का चित्र 15)। ऊपर स्थित लगभग 500 फीट (152.4 मीटर) मोटी किष्क्यन बालुका प्रस्तर की परत के कारण मुक्त पृष्ठ ढाल का विकास हुआ है। जबकि उसके नीचे शैल चट्टान के कारण सरलरेखी तथा अवतल



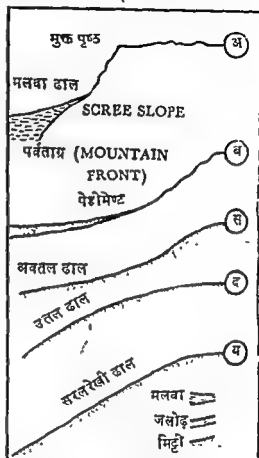
तत्त्व विकसित हुए हैं। इसी तरह प्रायद्वीपीय भारत के उत्तरी अग्रप्रदेश (Foreland) के सहारे मुख्य रूप से रीवा पठार के उत्तरी कगारों के सहारे लगभग चारों तत्वों का विकास हुआ है। रोहतास पठार (२० प० बिहार) के दक्षिणी कगार (सोन नदी की ओर) के सहारे भी आदर्श ढाल परिच्छेदिका का निर्माण हुआ है। स्मरणीय है कि उक्त सभी भागों में सबसे ऊपर विखनन क्रम का बालुक: प्रस्तर अपेक्षाकृत कठोर होने के कारण छत्रक शैल (Cap-rock) के रूप में है जबकि उसके नीचे शैल (रीवा कगार) या चूना प्रस्तर (रोहतास कगार) है।

ढाल के तत्त्व के आधार पर उनका विभाजन

ढाल के चारों तत्वों का ढाल की अनुदैर्घ्य परिच्छेदिका में सदैव पाया जाता यदि सैद्धान्तिक रूप में नहीं तो प्रायोगिक रूप में सम्भव नहीं है। कभी-कभी किसी विकसित पहाड़ी ढाल में ये चारों तत्व मिल जाते हैं परन्तु ऐसा प्राय ही होता है। चूँकि ढाल के विभिन्न तत्वों का विकास स्थानीय परिस्थितियों (चट्टान का स्वभाव, अपरदन का प्रक्रम, जलवायु आदि) पर आधारित होता है, अतः कभी-कभी एकाग्र या कई तत्वों का विकास नहीं हो पाता है। उदाहरण के लिये जिस भाग में उच्चावच निम्न होते हैं, वहाँ पर मुक्त पृष्ठ ढाल तथा सरल-रेखी ढाल सर्वथा अदृश्य होते हैं। इसके विपरीत यदि कहीं पर कठोर तथा मृदायम चट्टानें एकान्तर रूप (Alternate) में पायी जातीं तो वहाँ पर मुक्त पृष्ठ ढाल तथा सरल-रेखी ढाल की पुनरावृत्ति हो जाती है। ढालों के विवास तथा उनके तत्वों की उपस्थिति में दूसरी मुख्य बात यह है कि अपरदन चक्र की अवस्था के अनुसार इनका क्रम बदलता रहता है। उदाहरण के लिए अपरदन चक्र की प्रथम अवस्था में उत्तलता (Convexity) की बहुलता रहती है। प्रौढावस्था में जब कि घाटी का गहरा होना तथा चौड़ा होना प्रायः बराबर होता है तो सरलरेखी ढाल अधिक महत्वपूर्ण होता है। चक्र के अन्त में जब कि निम्नवर्ती कटाव एक जाता है, क्षीयमाण ढाल (अवतल) अधिक विस्तृत होता है। इस आधार पर हम प्रत्येक तत्व को एक ढाल का ओहदा दे सकते हैं परन्तु इस तरह के विशुद्ध ढाल कम ही होते हैं। कम में कम दो तत्व किसी भी ढाल में अवश्य विद्यमान होते हैं। इस तरह विशुद्ध

ढाल की जगह 'मिश्रित ढाल' (Composite slope) ही अधिक मिलते हैं।

मिश्रित ढाल के कई प्रकार हो सकते हैं—(i) उत्तल-अवतल ढाल (Convexo concave slope), (ii) उत्तल-सरलरेखी-अवतल ढाल (Convexo-rectilinear-con-



चित्र 195—ढाल के विभिन्न प्रकार।

concave slope), (iii) मुक्त-पृष्ठ अवतल ढाल (Free face-rectilinear-concave slope), (iv) उत्तल-सरलरेखी-मुक्त पृष्ठ-सरलरेखी-मुक्त पृष्ठ (आदि.....) अग्र-अवतल ढाल आदि।

मात्रात्मक वर्गीकरण

ढालों की उनके कोणों के आधार पर निम्न रूप में विभाजित किया जाता है। स्मरणीय है कि ढाल-कोण या तो भूपत्रको से या क्षेत्र में सर्वेक्षण से ज्ञात किये जाते हैं—

1. समुक्त या मिश्रित ढाल बहु होता है, जिसमें एक से अधिक तत्व पाये जाते हैं।

अ) सामान्य वर्गीकरण

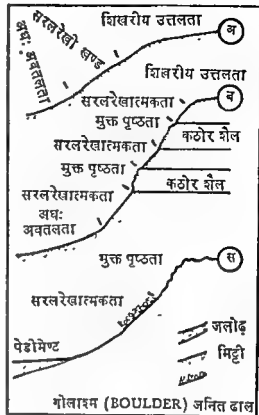
- |   |         |
|---|---------|
| (i) चौरस (flat) ढाल                         | 0°—1°   |
| (ii) मन्द ढाल (gently sloping)              | 1°—3°   |
| (iii) सामान्य मन्द ढाल (moderately sloping) | 3°—8°   |
| (iv) तीव्र ढाल (strongly sloping)           | 8°—15°  |
| (v) सामान्य तीव्र (Moderately steep)        | 15°—20° |
| (vi) अति तीव्र (Very steep)                 | 30°—90° |

ब) ढाल का वर्गीकरण

- |  |         |
|--|---------|
| (i) समतल से मन्द ढाल (level to gentle)           |         |
| (अ) समतल (level)                                 | 0°—0.5° |
| (ब) प्रायः समतल (almost level)                   | 0.5°—1° |
| (स) अति मन्द (Very gentle)                       | 1°—2°   |
| (ii) मन्द ढाल (gentle slope)                     | 2°—5°   |
| (iii) सामान्य ढाल (moderate slope)               | 5°—10°  |
| (iv) सामान्य तीव्र (moderately steep)            | 10°—18° |
| (v) तीव्र (steep)                                | 10°—30° |
| (vi) अति तीव्र (Very steep)                      | 30°—45° |
| (vii) कगार से खड़ा ढाल (precipitous to Vertical) | 45°—90° |
| (अ) कगार (precipitous)                           | 45°—70° |
| (ब) खड़ी दीवाल सद्गुण                            | 70°—90° |

ढालों की समस्या

प्रारम्भ में ढालों का अध्ययन 'ढालों के ढाल' के क्षेत्र में भूगोल पर ही आधारित था, परन्तु विज्ञान में तकनीक के विकास ने नया ढालों का अध्ययन मात्रात्मक हो गया है। परन्तु ढालों की समस्याएँ कम न होकर बढ़ती जा रही हैं। इन समस्याओं में ढालों के विभिन्न रूप, समय के साथ ढालों के आकार तथा प्रवणता (Gradient) में अन्तर, अनाच्छादन के विभिन्न प्रक्रमों (अवसाद के सामूहिक स्थानान्तरण के विभिन्न रूप—सर्पण, घुलन आदि तथा अपरदन) एवं ढाल में सम्बन्ध, ढाल की सतुलित अवस्था या क्रमबद्धता, ढाल पर भूवैज्ञानिक संरचना तथा ढाल प्रकार का प्रभाव, ढालों के रूप तथा जलवायु सम्बन्धी दशाओं के सम्बन्ध आदि प्रमुख हैं। इन समस्याओं के समाधान के लिए उनके अध्ययन की दो प्रणालियाँ प्रचलित हैं। प्रथम, 'ढाल-विकास-उपगमन' (Slope-evolution approach), जिसके अन्तर्गत



चित्र 196—मिश्रित ढाल के विभिन्न प्रकार।

ढाल के ऐतिहासिक विकास पर बल दिया जाता है, अर्थात् ढाल के प्रारम्भिक रूप से लेकर वर्तमान रूप के विकास की विभिन्न सरणियों का अध्ययन किया जाता है। द्वितीय, 'प्रक्रम-रूप उपगमन' (Process form approach), जिसके अन्तर्गत विभिन्न प्रकार की चट्टानों वाले विभिन्न जलवायु प्रदेशों में अपरदन, अपक्षय आदि द्वारा उत्पन्न होने वाले विभिन्न ढालों का अध्ययन किया जाता है।

(i) ढाल-विकास उपगमन—इस प्रणाली के अन्तर्गत ढालों में ऐतिहासिक विकास का अध्ययन किया जाता है, परन्तु इस उपगमन में भी कई ऐसी समस्याएँ हैं कि उनका निदान कठिन हो जाता है। (1) यदि किसी ढाल (वर्तमान रूप) का अध्ययन करना है तो उसके प्रारम्भिक रूप का पता लगाना आवश्यक हो जाता है, परन्तु प्रारम्भिक रूप का पता लगाना आसान कार्य नहीं है। सरलता के लिए अधिकांश विद्वान प्रायः यह मानकर चलते हैं कि वर्तमान ढाल विशेष का प्रारम्भिक रूप एक लम्बवत् विलफ के रूप में रहा होगा,

जिसमें अपक्षय के कारण रूप परिवर्तन तथा ढलान में ह्रास के कारण वर्तमान रूप प्राप्त हुआ होया। (2) ढालों के तिथि-निर्धारण की समस्या भी कम जटिल नहीं है। इस समस्या के निदान के लिए ढालों के समय के साथ रूप-परिवर्तन तथा नष्ट होने की प्रक्रिया का अध्ययन किया जाता है। क्षेत्र में ढालों की परिच्छेदिकाओं के अध्ययन तथा उनकी संपेक्ष तिथि के आधार पर उनको (ढालों) काल-अनुक्रम (Time-sequence) में रखा जाता है। यह उन्हीं स्थलों पर सम्भव है, जहाँ पर ढाल-पतन (Slope decline) में व्यवधान नहीं होता है। परन्तु यदि किसी नदी के किनारे के ढाल का तिथि-निर्धारण (Dating) करना हो, जिसमें नवोन्मेष के कारण अघ कृति विस्फोट (Incised meanders) का निर्माण हो जाता है तो समस्या जटिल हो जाती है, क्योंकि घाटी का निचला भाग (लम्बवत्) ऊपरी भाग की अपेक्षा नवीन तथा अधिक तीव्र होता है। इसी तरह ढाल, जिन पर नवीन निक्षेप का आवरण हो गया है, का तिथि निर्धारण सही ढंग से नहीं किया जा सकता। इन समस्याओं के होते हुए भी कुछ विद्वानों ने ढाल के विकास के सिद्धान्तों का प्रतिपादन किया है। डेविस के अनुसार समय के साथ-साथ ढाल में पतन अवश्य होता है, जिस दौरान ढाल की तीव्रता (प्रवणता) घटती जाती है तथा प्रत्येक ढाल को अपने विकास के तीन चरण, युवावस्था (अत्यधिक तीव्र ढाल), प्रौढ़-वस्था (तीव्र ढाल) तथा जीर्णवस्था (मन्द ढाल) से होकर गुजरना पड़ता है। परन्तु कुछ विद्वानों ने इस सत्त्वना में विपरीत बताया है कि यह आवश्यक नहीं है कि प्रत्येक ढाल का पतन हो ही तथा उसके कोण में कमी आये क्योंकि कुछ ढाल समानान्तर निवर्तन (Parallel retreat) के कारण अपने कोण को या तो सुरक्षित रखते हैं या उसे और अधिक कर लेते हैं। गतिक सन्तुलन सिद्धान्त (Dynamic equilibrium theory) के समर्थकों के अनुसार ढाल परिवर्तन में समय का योगदान महत्वपूर्ण नहीं होता है, परन्तु उसके विकास में प्रक्रम (Process) का अधिक हाथ रहता है। अतः वर्तमान समय में यह प्रणाली अपना वैभव खो रही है।

(ii) प्रक्रम-रूप उपगमन (Process-form Approach)—इस प्रणाली के अन्तर्गत यह माना गया है कि ढाल के प्रकार तथा रूप एवं अनाच्छादन में प्रत्यक्ष सम्बन्ध होता है। अनाच्छादन के विभिन्न प्रक्रमों की सक्रियता पर किसी स्थान विशेष के शैल-प्रकार, संर-

चना, जलवायु, वनस्पति, उच्चावच आदि का प्रभाव महत्वपूर्ण होता है। और यही कारण है कि ढालों के रूप में पर्याप्त भिन्नता होती है। उदाहरण के लिये किसी आर्द्र प्रदेश में यदि लाइमस्टोन तथा मृत्तिका चट्टानें हैं तो प्रथम पर वृष्टि धुलन (Rain wash) से क्रम सक्रिय होने तथा मृदा सर्पण (Soil-creep) के अधिक सक्रिय होने (क्योंकि लाइमस्टोन में प्रवेश्यता के कारण जल रिस कर नीचे चला जाता है और वृष्टि धुलन नग्न हो जाता है) के कारण उत्तल ढाल का विकास होता है और मृत्तिका पर वृष्टि-धुलन की सक्रियता के कारण अवतल ढाल का निर्माण होता है। इस उपगमन में भी कई समस्याएँ होती हैं—1. ढाल के निर्माण प्रक्रम इतनी मन्द गति से कार्य करते हैं कि उनके प्रभाव के अभिलेखन के लिये अति विकसित विधियों का प्रयोग ही सकल हो सकता है। 2. यह पता लगाना कठिन होता है कि सभी प्रक्रम अपरदनात्मक ढालों के रूप को प्रभावित करते हैं। साधारण तौर पर मृदा-सर्पण, वृष्टि धुलन आदि को प्रमुख महोदय में अपक्षय से उत्पन्न मलबा के अपनयनकर्ता (Transporting agent) के रूप में स्वीकार किया है। वास्तव में वे प्रक्रम (सर्पण तथा धुलन) ढाल की ठोस सतह के ऊपर स्थित मलबा के आवरण का ही आच्छादन करते हैं, न कि ठोस सतह का। 3. यदि ढालों के वर्तमान रूप को देखा जाय तो प्रतीत होता है कि उनमें अधिकांश ढाल वर्तमान प्रक्रमों के प्रतिफल नहीं हैं, बल्कि प्राचीन ढालों के अवशेष मात्र हैं। परन्तु जहाँ पर कोमल चट्टानें पाई जाती हैं और अपरदन अबाध गति से चल रहा हो, वहाँ पर निश्चित रूप से ढालों का रूप वर्तमान प्रक्रमों का प्रत्यक्ष प्रतिफल है। 4. यदि यह मान लिया जाय कि ढालों का रूप ढाल-निर्माण प्रक्रमों द्वारा निर्धारित होता है तो यह भी मानना होगा कि विभिन्न प्रकार की जलवायु में ढालों के रूप भिन्न-भिन्न होंगे क्योंकि विभिन्न जलवायु में प्रक्रमों के भिन्नता के साथ ही साथ उनकी सामर्थ्य में भी अन्तर आ जाता है। उदाहरण स्वरूप आर्द्र और शुष्क जलवायु को लिया जा सकता है। प्रथम में जल की अधिकता के कारण रासायनिक अपक्षय होने से महीन मलबा का आविर्भाव होता है। इसके विपरीत शुष्क जलवायु में भौतिक अपक्षय के कारण चट्टानों का बड़े-बड़े टुकड़ों में विघटन के कारण स्थूल मलबा (Coarse debris) का निर्माण होता है। इनका प्रभाव सर्पण और धुलन के प्रक्रमों पर होगा

स्वाभाविक ही है। परन्तु कुछ विद्वानों, जिन्होंने स्थलीय अध्ययन किया है, का दावा है कि यह सदैव सम्भव नहीं होता है कि जलवायु विशेष में विशिष्ट प्रकार के ढाल बनें। उदाहरण के लिये अवतल ढाल वाले पेडीमेंट को शुष्क (उष्ण) मरुस्थलीय स्थलाकृति माना जाता है, जब कि शीतोष्ण कटिबन्धीय क्षेत्रों में भी उनके उदाहरण मिलते हैं, जहाँ पर उनका निर्माण परिहिमानी प्रक्रमों (Periglacial processes) द्वारा होता है। वास्तव में हिमानी दशाओं को छोड़कर सभी जलवायु में ढालों के चार प्रमुख तत्त्व (उत्तल, मुक्त पृष्ठ, सरलरेखी तथा अवतल) विभिन्न संयोगों के साथ मिलते हैं। इसी आधार पर किंग महोदय ने जलवायु एकसूत्रवाद (Climatic uniformitarianism) की संकल्पना का प्रतिपादन किया है।

सक्षेप में यह बताया जा सकता है कि ढालों का रूप किसी विशेष कारक से प्रभावित न होकर कई कारकों से प्रभावित होता है, जिनमें प्रमुख हैं— शैल प्रकार, संरचना, अपक्षय के विभिन्न रूप, नतित्व का कोण (Dip-angle), ढाल के निचले भाग में सरिता-अपरदन की दर, मलबा का सामूहिक स्थानान्तरण (सर्पण, घुलन आदि) के विभिन्न रूप, ज्वारस्फटिक आवरण तथा भू-नतियाँ आदि। इनमें से कोई एक प्रक्रम अन्य की अपेक्षा अधिक सक्रिय हो सकता है परन्तु ढाल का एकमात्र नियन्त्रक नहीं हो सकता है।

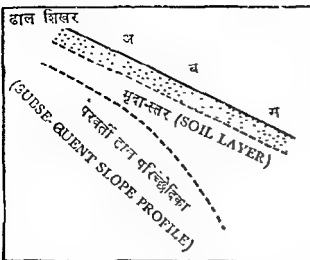
### ढाल और प्रक्रम

प्रारम्भ में ही स्वीकार किया गया है कि ढाल के विकास में तथा उसके रूप-परिवर्तन में प्रक्रम (Processes) सर्वाधिक महत्वपूर्ण होते हैं। परन्तु सवाल यह है कि ढाल के विकास में एकाकी प्रक्रम का दृष्ट होना है? या कई प्रक्रम मिलकर एक साथ कार्य करते हैं? यदि 'ढाल प्रक्रम-संकल्पना' के अतीत में चना जाय तो स्पष्ट हो जाता है कि प्रारम्भ में विद्वानों ने निश्चित रूप से ढाल के विकास में किसी एक ही प्रक्रम को सक्रिय बताया जाता है। मोटे तौर पर 'ढाल-प्रक्रम-संकल्पनाओं' को दो वर्गों में रखा जा सकता है—1. 'एकल प्रक्रम संकल्पना' तथा 2. 'बहुल प्रक्रम संकल्पना'।

(i) एकल प्रक्रम संकल्पना (Mono-Process Concept)—प्रारम्भ में ढालों के सामान्य रूप जैसे उत्तलता या अवतलता के विकास के लिए क्रमशः मृदा-सर्पण (Soil creep) तथा वृष्टि घुलन (Rain-wash) को ही अधिक महत्वपूर्ण बताया गया था। फैनमन ने 1908

में 'उत्तल-अवतल-ढाल' (Convexo-concave slope) के विकास में केवल प्रवाही जल के कार्य का ही अवलोकन किया। ढाल के शीर्ष भाग पर सीमित क्षेत्र के कारण जल की मात्रा कम होने से अपरदन की मात्रा निम्नतम बनी होती है, परन्तु जैसे-जैसे ढाल के निचले भाग की ओर अग्रसर होते हैं, घरातलीय जल और मलबा की मात्रा बढ़ती जाती है। परिणामस्वरूप ढाल के निचले भाग में अधिकतम अपरदन होने में अवतल ढाल का निर्माण होता है तथा शीर्ष भाग अपरदन से कम प्रभावित होने के कारण उत्तल ढाल में बदल जाता है। 1945 में हार्टन ने भी फैनमन से मिलती-जुलती संकल्पना का प्रतिपादन किया, जिसमें उन्होंने प्रवाही जल की अपरदनात्मक क्षमता का वैज्ञानिक एवं तर्कपूर्ण विश्लेषण किया। फैनमन तथा हार्टन की संकल्पनाओं में सर्वप्रमुख यह दोष बताया जाता है कि उन्होंने ढाल के विकास में मृदा सर्पण को स्थान नहीं दिया है। इस कारण आर्द्र प्रदेशों में जहाँ पर अधिकांश चट्टानों के प्रवेश होने से जल रिम बर नीचे चला जाता है और घरातलीय जल की ग्युमता हो जाती है एवं मृदा-सर्पण अधिक सक्रिय हो जाता है, ढालों के विकास में यह संकल्पना का प्रयोग नहीं हो सकता है।

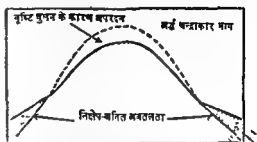
सर्वप्रथम गिलवर्ट ने 1909 में ढालों की उत्तलता के विकास में मृदा-सर्पण के महत्व की परख की। उन्होंने अपनी संकल्पना के प्रतिपादन-हेतु एक ऐम ढाल का चयन किया, जिसके ऊपर मिट्टी का आवरण तथा मिट्टी में निरन्तर नीचे की ओर फिसलन हो रही थी। उन्होंने प्रारम्भिक ढाल की अनुदैर्घ्य परिच्छेदिका (Longitudinal profile) में तीन बिन्दु चुने। (चित्र 197) सबसे ऊपर वाले बिन्दु ('a') के ऊपरी भाग में मृदा-सर्पण न्यूनतम सक्रिय होता है। 'b' बिन्दु तक मृदा-सर्पण की मात्रा बढ़ जाती है तथा 'c' के नीचे यह सर्वाधिक हो जाती है। इस आधार पर गिलवर्ट ने यह बताया कि जो बिन्दु ढाल के शीर्ष से जितना दूर होगा, उस पर से उतना ही अधिक मलबा स्थानान्तरित होगा। इसके लिये ढाल का रूप उत्तल होगा तथा नीचे की ओर तीव्रता (Steepness) बढ़ती जायेगी ताकि अधिक से अधिक मलबा का सर्पण हो सके। गिलवर्ट की संकल्पना में भी कई दोष बताये जाते हैं। अधिक मृदा-सर्पण के कारण ढाल के निचले भाग में मलबा का संचयन इतना अधिक हो जायेगा कि वहाँ पर ढाल का रूप अवतल हो जायेगा। गिलवर्ट का यह स्वीकरण कि ढाल की सतह पर मिट्टी गत गति शील रहती है, मान्य नहीं है।



चित्र 197—मृदा-सर्पण तथा उत्तल ढाल का विकास ।

1932 में सासन ने बताया कि ढाल के ऊपरी भाग में उत्तलता के निर्माण में वृष्टि-धुलन का सर्वाधिक हाथ रहता है। परन्तु फैनमन की संकल्पना के विपरीत सासन ने प्रतिपादित किया कि ढाल के शीर्ष भाग पर धरा-तलीय जल अपरदन का सर्वाधिक सक्रिय माध्यन होता है, क्योंकि मलबा की मात्रा अधिक नहीं होती है। परन्तु ढाल के निचले भाग की ओर अग्रसर होने पर धरा-तलीय जल के साथ मलबा का बोझ बढ़ता जाता है, परिणामस्वरूप वृष्टि-धुलन की अपरदनात्मक क्षमता घटती जाती है और अन्ततः वह समाप्त हो जाती है। इस तरह ढाल की अनुदैर्घ्य परिच्छेदिका में दो मण्डल होते हैं—1 अपरदन मण्डल तथा 2 अपरदन रहित मण्डल। प्रथम में उत्तल ढाल का विकास होता है तथा दूसरे में अवतलता। इस तरह उत्तलता अपरदन का परिणाम होती है तथा अवतलता निक्षेपण की। सासन ने यह भी बताया कि ढाल के विषम के प्रत्येक चरण में वृष्टि-धुलन के कारण ढाल के शीर्ष से अर्द्ध चन्द्राकार मलबा (Lune shaped mass of materials) का नीचे की ओर स्थानान्तरण हो जाता है तथा उसका निचले भाग पर निक्षेपण हो जाता है। इस तरह ढाल की अनुदैर्घ्य परिच्छेदिका के बक्र की विज्या निरन्तर बढ़ती जाती है। इस प्रकार सासन की संकल्पना में स्पष्ट हो जाना है कि समय के साथ-साथ उच्चावच घटता जाता है, जलविभाजन का पतन होता जाता है तथा ढाल का कोण कम होने लगता है। सासन की इस संकल्पना में विरोध में यह कहा जाता है कि ढाल के शीर्ष भाग

पर अधिकतम अपरदन नहीं हो सकता है क्योंकि एक तो धरातलीय जल की मात्रा कम होती है और दूसरे अपरदनात्मक यंत्र (मलबा) का अभाव रहता है। सासन का यह मानना कि ढाल के निचले भाग में अपरदन कम हो जाता है, तर्क संगत नहीं है, क्योंकि जल की मात्रा तथा गति में वृद्धि के कारण अपरदनात्मक क्षमता बढ़ती जाती है। ढाल के निचले भाग की अवतलता सदैव निक्षेपात्मक ही नहीं होती है।



चित्र 198—वृष्टि-धुलन द्वारा जलविभाजन का नीचा होना ।

(ii) बहुल प्रक्रम संकल्पना (Poly-Process Concept)—बोलिंग ने 1950 में प्रतिपादित किया कि पहाड़ी ढाल के विकास में कई प्रक्रम सक्रिय होते हैं तथा एक प्रक्रम, एक ढाल (One process, one slope) की संकल्पना का खण्डन किया। यह हो सकता है कि ढाल की अनुदैर्घ्य परिच्छेदिका के विभिन्न भागों पर अलग-अलग कोई एक प्रक्रम अलग की अपेक्षा अधिक सक्रिय हो। इन ढाल निर्माणक प्रक्रमों में इन्होंने मृदा-सर्पण तथा वृष्टि-धुलन को सर्वाधिक महत्वपूर्ण बताया है। ग्रीनलैण्ड आर्लैंड प्रदेशों में 'उत्तल-अवतल ढाल' के ऊपरी भाग में धरातलीय जल की स्थिरता के कारण मृदा-सर्पण अधिक सक्रिय होता है जिस कारण शीर्ष-उत्तलता (Summital convexity) का आविर्भाव होता है। ढाल के निचले भाग में जल की अधिकता के कारण छद्म तरितारों (Rills) बन जाती हैं। जिस कारण अपरदन अधिक हो जाता है तथा मृदा-सर्पण शिथिल हो जाता है। इस कारण ढाल के निचले भाग में अवतलता का विकास होता है। समय के साथ इन प्रक्रमों का मापेक्ष महत्व बदलता रहता है। अपरदन के अधिक होने के कारण समय के आगे बढ़ने पर उच्चावच का पतन होने लगता है, परिणामस्वरूप मृदा-सर्पण निष्क्रिय होने लगता है, परन्तु वृष्टि-धुलन जारी रहता है। इस कारण अवतलता का विकास उत्तल ढाल वाले भाग पर होने लगता है

(आकार की विशेषताओं में) परिवर्तन भी जाती है। पैक ने आकार की सात विशेषताओं तथा प्रक्रमों के कार्य की तीन दरों (Rates) का उल्लेख किया है।

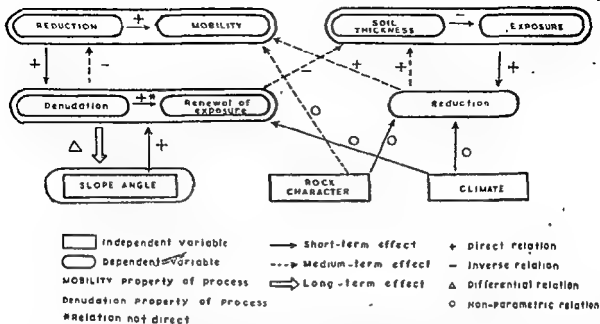
आकार के गुण (Properties of forms)—(i) न्यूनीकरण की मात्रा (Degree of Reduction) से तात्पर्य है कि प्रस्तर आवरण (रेगोलिय) किस मात्रा तक टूट कर बारीक पदार्थों में परिवर्तित होता है। स्पर्शीय है कि बारीक गठन वाली मिट्टी (Fine-textured soil) का न्यूनीकरण स्थूल गठन (Coarse-textured) या पथरीली मिट्टी की अपेक्षा अधिक होता है। ढाल के ऊपर स्थित प्रस्तर-आवरण का न्यूनीकरण (Reduction) अपक्षय तथा अनाच्छादन की दर पर आधारित होता है। (ii) प्रस्तर-आवरण की गतिशीलता (Mobility) वह गुण है जिससे रेगोलिय अनाच्छादनात्मक प्रक्रमों द्वारा ढाल के सहारे गतिशील होता है। गतिशीलता जितनी ही अधिक होगी उतना ही रेगोलिय अनाच्छादनात्मक प्रक्रमों में गीज़र प्रभावित होगा। गतिशीलता शैल की विशेषता तथा न्यूनीकरण की मात्रा पर आधारित होती है। (iii) प्रस्तर-आवरण की मोटाई से तात्पर्य ढाल पर परिच्छेदिका पर स्थित गतिशील या स्थिर ढीले पदार्थों के आवरण की मोटाई में है। रेगोलिय की मोटाई न्यूनीकरण की मात्रा में प्रत्यक्ष सीधे रूप में (अर्थात् जितना की न्यूनीकरण अधिक होगा, रेगोलिय की मोटाई उतनी ही अधिक होगी) तथा अनाच्छादन की दर में प्रतिरोध रूप (Inverse) में प्रभावित होती है (अर्थात् अनाच्छादन की दर जितनी ही अधिक होगी रेगोलिय की मोटाई उतनी ही कम होगी)। (iv) ढाल-सतह का अनावरण (Exposure of the slope surface) वह मात्रा होती है जिससे यह बोध होता है कि रेगोलिय के नीचे स्थित शैल न्यूनीकरण के प्रक्रम के लिए अनावृत होकर कितनी मात्रा में सुलभ होती है। ढाल-सतह का अनावरण रेगोलिय की मोटाई पर आधारित होता है। (v) शैल-गुण से चट्टानों के उन सभी पहलुओं का बोध होता है जिनका न्यूनीकरण की दर तथा रेगोलिय की गतिशीलता की दर पर प्रभाव होता है। (vi) जलवायु का सम्बन्ध वहाँ तक

होता है जहाँ तक वह न्यूनीकरण एवं अनाच्छादन की दर को प्रभावित करती है। (vii) ढाल का कोण ढाल-विकास की प्रारम्भिक अवस्था में स्वतन्त्र विचर (Variable) होता है परन्तु अग्रे चलकर यह अनाच्छादन की दर पर आशिक रूप में आधारित हो जाता है।

प्रक्रम के गुण (Properties of process)—(i) न्यूनीकरण (Reduction) का तात्पर्य रेगोलिय का बारीक कणों में टूटन में होता है। टूटने की यह क्रिया अपक्षय द्वारा प्रभावित होती है। रेगोलिय के बारीक कणों में टूटने की दर शैल-गुण, जलवायु तथा अनावरण (Exposure) पर आधारित होती है। (ii) अनाच्छादन (Denudation) में तात्पर्य ढाल-सतह में रेगोलिय पदार्थों के निष्कासन या अपनयन (Removal) से है। अनाच्छादन की दर जलवायु, गतिशीलता (Mobility) एवं ढाल के कोण पर आधारित होती है। (iii) अनावरण का नवीकरण (Renewal of exposure) में तात्पर्य रेगोलिय आवरण के नीचे स्थित शैल-सतह के न्यूनीकरण प्रक्रम (process of reduction) के लिये अनावरण (Exposure) से है। अनावरण के नवीकरण की दर अनाच्छादन की दर पर आधारित होती है।<sup>2</sup>

पैक ने उपर्युक्त आकार एवं प्रक्रमों के गुणों में अन्त-सम्बन्धों का वर्णन किया है। यंग (A Young) ने पैक द्वारा वर्णित आकार एवं प्रक्रमों के गुणों में सम्बन्ध, अन्त-सम्बन्ध एवं पारस्परिक क्रिया (Interaction) में कुछ संशोधन करके पैक के विचारों का ढाल-विकास के प्रक्रम-अनुक्रिया मॉडल (Process-response model) के रूप में वैज्ञानिक की सहायता से प्रदर्शन किया है। प्रथम रूप में आकार एवं प्रक्रम के बीच तथा स्वतंत्र एवं परतंत्र विचर (Independent and dependent variables) के बीच अन्तर स्थापित किया है। द्वितीय चरण में पूर्णरूपेण सम्बन्धित 3 गुण-युग्मों (Three closely related pairs of properties) का निर्धारण किया है—(i) न्यूनीकरण की मात्रा एवं गतिशीलता, (ii) रेगोलिय की मोटाई एवं अनावरण तथा (iii) अनाच्छादन

1. पैक ने कुछ परम्परागत भूवैज्ञानिक नामावलिओं को असामान्य रूप में प्रयुक्त किया है। अनाच्छादन का सर्व-स्वीकृत अर्थ होता है अपक्षय एवं अपनयन का सम्मिश्रित रूप परन्तु पैक ने इसका प्रयोग रेगोलिय पदार्थों के निष्कासन के लिए किया है, जो उचित नहीं है। इसी तरह अनावरण का नवीकरण अपने आप में कोई प्रक्रम नहीं है अपितु रेगोलिय के हट जाने के कारण उत्पन्न परिणाम है। शोकि जब रेगोलिय का निष्कासन हो जाता है तो नीचे स्थित शैल-सतह स्वयं ऊपर दृष्टिमान होती है तथा उस पर पर्यावरण (Environmental) क्रियाएँ कार्य करती हैं।



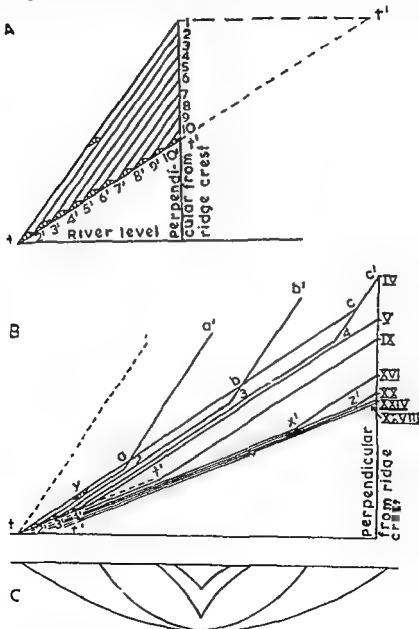
चित्र 205—पेक द्वारा वर्णित प्रक्रम तथा रूप के गुणों (Properties) के बीच पारस्परिक क्रिया (Interaction) का वर्ण द्वारा प्रक्रम-रूप अनुक्रिया मॉडल (Process-response model) के रूप में आरेखीय प्रदर्शन।

छादन प्रक्रम एवं अनावरण का नवीकरण। प्रक्रमों के कार्य-दर पर होने वाले प्रभाव पूरे एक वर्ष या कम अवधि तक ही प्रचालित (Operational) होते हैं। इस तरह के प्रभाव को अल्पकालिक प्रभाव (Short-term effects) कहते हैं। रेगोलिय को प्रभावित करने वाले कारक मध्यकालिक प्रभाव (Medium-term effects) होते हैं। इनका कार्य-काल 1000 से 10,000 वर्ष तक होता है जिस दौरान रेगोलिय के गुणों में पर्याप्त परिवर्तन उत्पन्न हो जाते हैं। ढाल को प्रभावित करने वाले कारकों का कार्य-काल 10,000 से 1,00,000 वर्षों तक होता है जिस समय ढालों में महत्वपूर्ण परिवर्तन होते हैं। इसे दीर्घकालिक प्रभाव (Long-term effects) कहते हैं। वर्ण ने इस प्रक्रम अनुक्रिया मॉडल के मात्रात्मक (Quantification) आधार शिला पर परीक्षण के लिये दो सशोधन मुद्राया है। शैल-गुण को दो स्वतन्त्र विचरों में विभक्त करना होगा—(i) शैल-गुण विचर जो न्यूनीकरण की दर को प्रभावित करता है तथा (ii) जो रेगोलिय की गतिशीलता को प्रभावित करता है। इसी तरह जलवायु को दो स्वतन्त्र विचरों में विभक्त करना होगा—(i) जो न्यूनीकरण की दर तथा (ii) जो अनावरण की दर को प्रभावित करते हैं।

पेक का ढाल-विकास का निगमनिक (अनुमानिक) मॉडल (Deductive model of slope evolution)—पेक ने ढाल-विकास की व्याख्या के लिये तीव्र ढाल वाले शैल बिल्क का चयन किया जिसकी संरचना समांग (Homogeneous) है। ढाल के ऊपर समतल सतह का विस्तार है। ढाल परिच्छेदिका की पदस्थली पर ऐसी नदी की स्थिति है जो ऊपर से नीचे आने वाले सम्पूर्ण पदार्थ का निष्कासन तो करती है किन्तु सक्रिय रूप में अपरदन नहीं करती है। एक निश्चित समय में ढाल परिच्छेदिका के शीर्ष से पदस्थली तक सर्वत्र निश्चित एवं समान मोटाई वाला शैल-आवरण ढीला हो जाता है तथा हटा (निष्कासन) लिमा जाना है। चट्टान के ढीले कण टूटकर नीचे गिर जाते हैं। यह तभी सम्भव हो सकता है जबकि ढाल अत्यन्त तीव्र हो अन्यथा मलवा उस पर टिका रह सकता है। पेक के अनुसार इस तरह की स्थिति ढाल की पदस्थली वाले निचले छण्ड को छोड़कर सर्वत्र रहती है। इस कारण समस्त ढाल में समानान्तर निवर्तन होता जाता है, केवल सबसे नीचे वाला भाग (1-2' भाग, चित्र 206) स्थिर रहता है क्योंकि इसका ढाल-कोण इतना नहीं रहता है कि इस पर इतनी वांछित गतिशीलता (Mobility) हो जो एकत्रित पदार्थों का निष्कासन

कर सके। द्वितीय समय-अन्तराल (Second time interval) के दौरान उपर्युक्त प्रक्रिया की पुनरावृत्ति होती है अर्थात् ढाल में समानान्तर निवर्तन होता है (3'-3 की स्थिति) परन्तु 2'-3' भाग पर गतिशीलता (Mobility) इतनी नहीं हो पाती है कि पदार्थों का निष्कासन हो सके। इस तरह 3'-3 के नीचे 4-3' तक का भाग मन्द ढाल वाला होता है। तृतीय समय-अन्तराल के दौरान

समानान्तर निवर्तन होने से ढाल परिच्छेदिका 4'-4 की स्थिति में पहुँच जाती है तथा मन्द ढाल का भाग 4 से 4' तक विस्तृत हो जाता है। इसी तरह विभिन्न समय-अन्तरालों (Time intervals) में समानान्तर निवर्तन होता रहता है तथा ढाल-परिच्छेदिका की स्थितियाँ क्रमशः 5'-5, 6'-6, 7'-7, 8'-8, 9'-9 तथा 10'-10 के समान होती जाती हैं। निचला मन्द-ढाल



चित्र 206—A तथा B=पैक के अनुसार ढाल का विकास। C=पैक के विचारों का माइमस (Simons 1962) द्वारा आरेखीय प्रदर्शन।



क्रमशः 1-2', 2'-3', 3'-4', 4'-5', 5'-6', 6'-7', 7'-8', 8'-9' तथा 9'-10' तक विस्तृत होता जाता है एवं सभी मिलकर समान प्रवणता (Gradient) वाले अविच्छिन्न ढाल-परिच्छेदिका (1 से 10' तक) का निर्माण करते हैं। इसे आधार ढाल (Basal slope) कहते हैं। उपर्युक्त विवरण को निम्न संकल्पना के रूप में संजोया जा सकता है—

“तीव्र चट्टानी अभ्रमाग ढोछे की ओर ढाल के ऊपरी भाग की तरफ घिसकता जाता है तथा उसकी मौलिक प्रवणता बंधावत रहती है तथा उसके स्थान पर कम प्रवणता वाले आधार ढाल का विस्तार होता है।”

“A steep rock face left to itself, moves back upslope, maintaining its original gradient, and a basal slope of lesser gradient develops at its expense.”

पेंक का ढाल-विकास का उपर्युक्त मॉडल क्षेत्र में वास्तविकता से सामंजस्य रखता है। माण्डेर पठार के पूर्वी स्कार्प (दोस नदी के ऊपरी प्रवाह भाग के समानान्तर) पर इस तरह का ढाल विकास दृष्टिगत होता है (पृष्ठ 69 पर चित्र 15)। ढाल के ऊपरी भाग में मुक्त पृष्ठ (Free-Face) वाले सीमित कगार (Scarps) में सतत समानान्तर निवर्तन हो रहा है तथा नीचे से सरल-रेखी समान प्रवणता वाली अविच्छिन्न ढाल-परिच्छेदिका का ऊपर की ओर विस्तार हो रहा है। इसी तरह की प्रवृत्ति बेलन बेसिन (मिर्जापुर, रीवा तथा इलाहाबाद जनपद) के दक्षिणी भाग में कंवर खेणी के उत्तरी ढाल पर देखने को मिलती है। उपर्युक्त क्षेत्रों में ढाल-विकास विन्ध्यन-बालुप्रस्तर शैल पर हुआ है। रोहतास पठार (द० प० बिहार) के दक्षिणी कगार (सोन नदी की ओर उन्मुख) का भी समानान्तर निवर्तन हो रहा है।

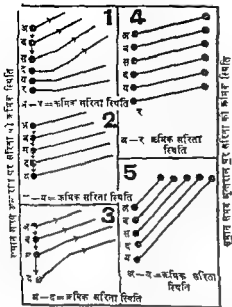
पेंक ने उपर्युक्त प्रक्रिया को मलवा-आच्छादित ढाल के लिये भी प्रयुक्त किया है। ग्लूनीकरण (Reduction) आधार ढाल (Basal slope) पर प्रारम्भ होती है (चित्र 206 B t-c)। ग्लूनीकरण तब तक चलता रहता है जब तक कि आधार-ढाल के समस्त भाग पर इतनी गतिशीलता (Mobility) न आ जाय कि उस पर मलवा गतिशील हो सके। चूंकि इस आधार ढाल का कोण कगार ढाल से अत्यधिक कम होता है अतः विलफ (कगार) की तुलना में इस आधार ढाल पर बाह्य गतिशीलता (Required mobility) अधिक होती है। इस स्थिति के प्राप्त हो जाने पर सबसे निचले भाग को छोड़कर

समस्त ढाल-परिच्छेदिका पर सभी शैल-मलवा ऊपर से नीचे की ओर गतिशील (भरवने लगता है) हो जाता है। सबसे निचले भाग पर पर्याप्त ढाल-प्रवणता (Slope gradient) न होने के कारण ही शैल-मलवा और नीचे नहीं सरक पाता है। आधार-ढाल अपने पूर्ववत् झुकाव (Inclination) को कायम रखते हुए ऊपर की ओर अग्रसर होता है (लम्बाई में वृद्धि होती है, चित्र 206 में t-a से 2'-2 तक पहुँच जाता है)। इस नये ढाल के आधार पर पुनः और कम ढाल वाला नई ढाल-इकाई (Slope-unit) का विकास होता है (चित्र 206 में t-1')। आगे चलकर इसका भी प्रतिस्थापन (Replacement) और अधिक कम कोण वाले ढाल की तीसरी नयी इकाई से हो जाता है (चित्र 206 में t-1'')। इस क्रिया की पुनरावृत्ति चलती रहती है तथा प्रत्येक ढाल के नीचे कम कोण वाले ढाल-इकाई का गृजन होता जाता है। इस आधार पर निम्न नियम का प्रतिपादन किया गया है—

‘ढाल का चपटापन सर्वत्र नीचे से प्रारम्भ होकर ऊपर की ओर बढ़ता है—Flattening of slopes always takes place from below upwards.”

पेंक द्वारा मलवा-आच्छादित (Debris-covered) ढाल-विकास की उपर्युक्त प्रक्रिया में दो स्तुटियाँ बतायी जाती हैं। प्रथम, पेंक ने विलफ से शैल-पतन (Rock fall) तथा मलवा के तात्कालिक निष्कासन (Instantaneous removal) की प्रक्रिया को मलवा-आच्छादित ढाल पर भी लागू किया है जो कि स्थाय सतत नहीं है। द्वितीय, पेंक का यह मानना कि आधार-ढाल वा समस्त भाग या उसके नीचे (आगे चलकर) बाद में निर्मित प्रतिस्थापन ढालों (Replacement slopes) के समस्त भाग समान रूप से अपक्षय के लिए अनावृत (Equally exposed to weathering) रहते हैं, त्रुटिपूर्ण है। जातव्य है कि ढाल के सबसे निचले भाग पर अनावरण की अवधि (Period of exposure) सर्वाधिक होती है तथा ढाल की परिच्छेदिका ने सहारे ऊपर की ओर यह अवधि घटती जाती है एवं ऊपरी ढाल के प्रतिच्छेदन बिन्दु (Inter-section point) पर शून्य हो जाती है।

उपर्युक्त दो महत्वपूर्ण अवधारणाओं के अलावा पेंक ने ढाल-विकास के विषय में कई और मान्यताएँ प्रस्तुत की हैं—ढाल के ऊपरी भाग से मिट्टी का नीचे की ओर शरकाव नुकीले गिछार वाले भाग को गोताकार रूप देकर गिछरीय उत्तलता का निर्माण करता है परन्तु पेंक



चित्र 207—पेक व अनुमार ढाल विकास । 1 घटती ढर से अपरदन करती हुई सरिता द्वारा अवतल ढाल का निर्माण । 2 समान ढर से अपरदन करती हुई सरिता द्वारा सरलरेखी ढाल का निर्माण । 3 बढ़ती ढर से अपरदन करती हुई सरिता द्वारा उमल ढाल का निर्माण । 4-5 ढाल कोण तथा सरिता-अपरदन के बीच सम्बन्ध (पेक के अनुसार) ।

ने यह बताया है कि शिखरीय उत्तलता के नीचे की ओर विस्तृत होने की एक सीमा होती है जिससे आगे ऊपर ने नीचे की ओर शिखर का और अधिक चपटापन नहीं हो सकता है ।

पेक ने ढाल-विकास में सरिता-अपरदन की ढर की कई अवस्थाओं (समान ढर से अपरदन, बढ़ती ढर से अपरदन, तथा घटती ढर से अपरदन) का अध्ययन किया है और बताया है कि इन विभिन्न अवस्थाओं में ढाल का रूप भिन्न-भिन्न होता है । तीव्र गति से अपरदन (Accelerating rate of erosion) में नदी के किनारे पर उत्तल ढाल का विकास होता है जब कि घटती ढर से अपरदन की दशा (Decelerating rate of erosion) में अवतल ढाल बनता है । इन दोनों के बीच की दशा अर्थात् स्थिर में अपरदन की दशा (Constant rate of erosion) सरलरेखी ढाल (Rectilinear slope) का निर्माण होता है । तात्पर्य है कि पेक ने अपनी मौलिक रचना में कहीं भी यह उल्लेख नहीं किया है कि सामान्य रूप में बढ़ती ढर से अपरदन की दशा में ढाल की परि-

च्छेदिका में कोणिक ढाल-भंग (Angular break of slope) का निर्माण होता है । हाँ यह अवश्य होता है कि जब अपरदन अचानक तीव्र गति से सम्पादित होता है तो ढाल-प्रवणता में उत्तल ढाल-भंग (Convex break of gradient) उत्पन्न हो जाता है । इस ढाल भंग के नीचे स्थित तीव्रतर ढाल ऊपर की ओर बढ़ता जाता है तथा ऊपर स्थित मन्द ढाल की इकाई का तीव्र ढाल इकाई द्वारा प्रतिस्थापन (Replacement) हो जाता है ।

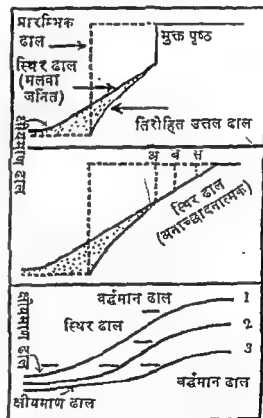
पेक की मौलिक रचना के अध्ययन (कुछ जगहों द्वारा) तथा उसने अंग्रेजी रूपान्तर व अवलोकन से यह स्पष्ट नहीं हो पाता है कि ढाल-विकास असतत चरणों (Discrete stages) में होता है या पेक ने ऐसी सरणियों का प्रयोग ढाल-विकास की प्रक्रिया के स्पष्टीकरण के लिए किया था । यह भी स्पष्ट नहीं हो पाता है कि ढाल-विकास की प्रक्रिया में कई प्रतिच्छेदन करने वाले सरल-रेखी खण्ड (Intersecting rectilinear segments) होते हैं या निष्पन्न असततता होती है । पेक की मौलिक रचना का व्याख्याकार दोनों सम्भावनाओं की स्थिति को व्यक्त करने हैं परन्तु यंग (A. Young) के अनुसार यही सही प्रतीत होता है कि अन्त में अचतलता का ही विकास होता है । चित्र 206C न साइमन्स (जिन्होंने पेक की मौलिक रचना का 1962 में विश्वस्त अंग्रेजी रूपान्तर प्रस्तुत किया है) ने पेक के विचारों को रेखिक आरेख के रूप में प्रस्तुत किया है जिसमें अन्त में अचतलता के विकसित होने के तथ्य का ही स्थापन होता है ।

पेक की सकल्पना में यद्यपि कुछ दाप है तथापि इसमें बहुसंख्यपूर्ण आनुमानिक मॉडल की सारी विशेषताएँ निहित हैं । जहाँ पर ढाल परिच्छेदिका पर अनाच्छादन नामक प्रक्रमों द्वारा मलबा का नीचे की ओर तात्कालिक निष्कासन होता है वहाँ पर पेक ने माडल पूर्ण रूप से उपयुक्त है परन्तु जहाँ पर मलबा का निष्कासन (Removal) कई भाग एक चरणों में होता है वहाँ पर यह मॉडल गलत प्रमाणित होता है । मार्टनसेन (Mortensen, H. 1969) ने पेक द्वारा वर्णित (अपक्षय से प्रभावित) क्षिण से समानान्तर निवर्तन की सत्यता पर भी सन्देह व्यक्त किया है । यंग ने पेक के विचारों के निचोड़ को निम्न रूप में व्यक्त किया है—पेक की मौलिक रचना की व्याख्या से ढाल के समानान्तर निवर्तन का आभास नहीं मिलता है । इनकी ढाल-विकास की सकल्पना ढाल-प्रतिस्थापन की है जिसमें तीव्र ढाल के स्थान पर मन्द ढाल का विकास होता है । समानान्तर

निवर्तन केवल मौलिक सरलरेखी ढाल पर ही होता है परन्तु वह भी बाद में अवतल ढाल में बदल जाता है। इस तरह ढाल में मत्त प्रतिस्थापन होता रहता है—नीचे में ऊपर की ओर। यदि यह प्रतिस्थापन असतत सरणियों में न होकर मत्त सरणियों (Continuous stages) में होता है तो अवतल ढाल के किसी भी भाग में समानान्तर निवर्तन नहीं होता है।

3 उड़ की संकल्पना (Wood's Concept)<sup>2</sup>—उड़ ने ढालों के विकास में समानान्तर निवर्तन की स्वीकृति के साथ अपक्षय की दर तथा उससे प्राप्त मलबा के परिवहन की दर में समायोजन की भी पुष्टि की है। इन्होंने अपनी संकल्पना के प्रतिपादन हेतु एक क्लिफ ढाल का चयन किया है, जो कि मुक्त पृष्ठ (Free face) वाला होता है तथा उसका निर्माण या तो अपरदनात्मक प्रक्रम से हुआ है या भ्रजन की क्रिया से। अपक्षय के कारण क्लिफ का निवर्तन प्रारम्भ होता है तथा अपक्षय से प्राप्त मलबा का ढाल के आधार पर एकत्रीकरण प्रारम्भ हो जाता है। इस कारण मुक्त पृष्ठ ढाल का निचला हिस्सा लगातार मलबा के एकत्रीकरण के कारण तिरोहित होने लगता है तथा उसकी (मुक्त पृष्ठ के ऊपरी भाग की) ऊँचाई कम होने लगती है। इस तरह मलबा के निक्षेपण के कारण मुक्त पृष्ठ का निचला भाग स्थिर ढाल (Constant slope) का रूप ले लेता है। स्थिर ढाल के नीचे (Under) एक उत्तल शैल ढाल (Convex rock slope) का निर्माण होता है। इस सामान्य स्थिति में अभ्यवस्था उस समय आ सकती है, जब कि मलबा ढेर पर भरता अथवा अपरदनात्मक प्रक्रम भी मजबूत हो जायें। इस स्थिति में मलबा का स्थानान्तरण होने लगता है। साधारणीकरण के लिए उड़ ने मान लिया है कि स्थिर ढाल (मलबा-निमित्त) के ऊपरी भाग पर मुक्त पृष्ठ के अपक्षय से प्राप्त जितना मलबा आता है, उतना ही निचले भाग में सरिता द्वारा हटा लिया जाता है (साम्यावस्था की स्थिति), जिस कारण स्थिर ढाल (मलबा-निमित्त) की लम्बाई स्थिर रहती है। इस परिस्थिति में मुक्त पृष्ठ के निवर्तन के चलते रहने से स्थिर ढाल का विस्तार होता है परन्तु इस विस्तृत स्थिर ढाल पर मलबा टिक नहीं पाता है। इसे अनाच्छादनात्मक ढाल (Denudational constant slope) की संज्ञा प्रदान की जाती है। स्थिर ढाल में दो

तत्त्व होते हैं—निक्षेपात्मक (निचले भाग में) तथा अनाच्छादनात्मक (ऊपरी भाग में)। अनाच्छादनात्मक स्थिर ढाल को परिवहन ढाल भी कहा जाता है तथा भरलरेखी ढाल का जल्दा उदाहरण प्रस्तुत करता है। अन्ततः यह स्थिर ढाल जलविभाजक के शीर्ष तक पहुँच जाता है, जहाँ पर मुक्त-पृष्ठ पूर्णतया समाप्त हो जाता है तथा जलविभाजक का शिखर गोलाकार होने लगता है, जिस कारण शिखरीय उत्तलता (Summital convexity) का आविर्भाव होता है। स्थिर ढाल का निचला भाग अवतल हो जाता है। इस तरह से समग्र ढाल की अनुदैर्घ्य परिच्छेदिका (Longitudinal profile) में तीन तत्व होते हैं—शिखरीय उत्तलता, सरल रेखात्मकता (Reclivity) तथा अध अवतलता (Basal convexity)



चित्र 208—उड़ के अनुसार ढाल का विकास। अ—स = मुक्त पृष्ठ के निवर्तन की क्रमिक स्थितियाँ। 1—3 = ढाल विकास की अन्तिम अवस्थाएँ।

1. Wood, A., 1942 The development of hillside slopes., Proc., Geol. Ass. Lond. 53 pp, 128-40.



$$\frac{dx}{dy} = \frac{h \cot \beta - (\cot \alpha - C \cot \alpha - \cot \beta)y}{h - cy}$$

जब कि  $x =$  क्षैतिज निर्देशांक (Coordinate)

$y =$  लम्बवत निर्देशांक

$c =$  स्थिरांक

(देखिये चित्र 215 तथा 216)

इस तरह स्पष्ट है कि जब विलफ का समानान्तर निर्वर्तन होता है तो मलवा-आच्छादित शैल कोर का रूप उत्तल होता है जिसका निम्नतम बिन्दु (चित्र 215 में F) प्रारम्भिक विलफ के कोण ( $\beta$ ) पर स्पर्श (Tangent) होता है। जब गम्भीर विलफ समानान्तर निर्वर्तन तथा मलवा-संचयन के कारण समाप्त हो जाता है तो शैल-कोर का उच्चतम बिन्दु (चित्र 215 में H) शैल-मलवा के कोण ( $\alpha$ ) पर स्पर्श होता है।  $\beta$  प्रारम्भिक विलफ का ढाल-कोण) में अन्तर होने पर भी मलवा-आच्छादित शैल-कोर के आकार में कम ही प्रभाव हो पाता है अर्थात् उसका रूप उत्तल ही रहता है। यदि  $\beta$   $90^\circ$  से कम होता है तो शैल-कोर का निम्नतम भाग अपेक्षाकृत मन्द ढाल का होता है। शैल-मलवा के कोण ( $\alpha$ ) में परिवर्तन होने में शैल-कोर के रूप पर अपेक्षाकृत अधिक प्रभाव होता है। जितने ही तीव्र ढाल पर मलवा स्थित होता है शैल-कोर का ढाल उच्चतम भाग पर उतना ही अधिक तीव्र होता है। स्थिरांक (C) के घनात्मक एवं कम ऋणात्मक मान का शैल-कोर के रूप पर सीमित बिन्दु मूल प्रभाव होता है स्थिरांक C का ऋणात्मक मान जितना ही अधिक होगा (यदि मलवा का निष्कामन अत्यधिक होता है तो  $C = -\infty$ )

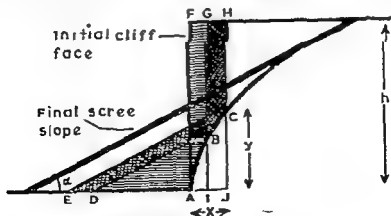
कम होगा एवं C का अत्यधिक ऋणात्मक मान होगा) तो शैल-कोर का वक्र अत्यधिक चपटा होगा। जब स्थिरांक C का ऋणात्मक मान अनन्त ( $C = -\infty$ ) होता है (विलफ के समानान्तर निर्वर्तन में मूल उम्मेद आधार पर में यदि समस्त मलवा का निष्कामन हो जाय) तो विलफ के समानान्तर निर्वर्तन में जनित अवशिष्ट शैल सतह (विना मलवा जमाव के) का ढाल सरलरेखी होता है। इसे अनाच्छादनात्मक ढाल (Denudation slope) कहा जाता है। इस तरह के सरलरेखी शैल ढाल का अवलोकन रिचर (Richter) ने आल्प्स में किया है। अब इस ढाल की रिचर अनाच्छादनात्मक ढाल भी कहते हैं।

विलफ का मौलिक ढाल जितना ही अधिक तीव्र होता है, शैल कोर की उत्तलता उतनी ही अधिक तीव्र होती है। चित्र 216 में विलफ का मौलिक ढाल  $90^\circ$  का है। चित्र 216 में  $\square AFGI$  भाग का अपक्षय द्वारा अलग होना है तथा विलफ के आधार पर उतने ही पदार्थ का जमाव हो जाता है।

$\triangle BID$  (मलवा)  $= \square AFGI$  (अपक्षय से ह्रास)।

इसी तरह  $\triangle CJE$  (मलवा)  $= \square AFHJ$  (अपक्षय में ह्रास)।

प्रक्रम-अनुक्रिया मॉडलों में शेडगर (A. E. Scheidegger, 1960, 1961, 1964), हिरानो (M. Hirano, 1968), कलिंग (W. E. H. Culling, 1963, 1964), अहर्नर्ट (F. Ahnert, 1968) आदि के मॉडल उल्लेखनीय हैं।

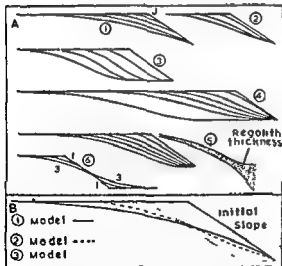


$$\triangle BID = \square AFGI \quad \triangle CJE = \square AFHJ$$

चित्र 216—विलफ ढाल के विकास का मॉडल, जबकि विलफ के आधार पर मलवा का संचयन होता है।

यंग प्रक्रम-अनुक्रिया मॉडल (Process-Response Models of A. Young)—यंग (1963) तथा अह-नर्ट (F. Ahnert, 1966 तथा 1970) ने ढाल-विकास के प्रक्रम-अनुक्रिया मॉडल का निर्माण किया है। ज्ञातव्य है इन दोनों के विभिन्न कल्पनाओं (Assumptions) पर अलग-अलग स्वतन्त्र रूप में अपने मॉडलों की रचना की है परन्तु उनकी तकनीक (Techniques) एक जैसी ही हैं। यंग ने अपने मॉडलों की रचना प्रक्रम तथा ढाल-रूप के पारस्परिक क्रिया (Interaction), जिसका परिचय पुनरावृत्ति की विधि (Method of Interaction) के अनुसार किया गया है, के आधार पर की है। उन्होंने विभिन्न कल्पनाओं के आधार पर 6 मॉडल का निर्माण किया है—

- मॉडल 1—(i) ढाल के आधार से मलबा का अबाध गति में निष्कासन होता है परन्तु अध अपरदन (Basal erosion) नहीं होता है।  
(ii) ढाल का निवर्तन मलबा निष्कासन के नियन्त्रण पर आधारित होता है।  
(iii) शैल मलबा (Regolith) का निष्कासन पूर्णतया धरातलीय परिवहन (Surface transportation) से होता है।



चित्र 217—ढाल-विकास का प्रक्रम-रूप अनुक्रिया मॉडल (Process response models)। A = मॉडल 1 से 6 के अनुसार ढाल की विकसित क्रमिक परिच्छेदिकाएँ। B = मॉडल 1, 2 तथा 3 के अनुसार विकसित परिच्छेदिकाओं की तुलना (यंग के अनुसार)।

- (iv) धरातलीय परिवहन की दर ढाल-कोण के साइन ( $\sin \theta$ ) के समानुपातिक होता है। (चित्र 217 का 1 भाग)।

मॉडल 2—(i) ढाल के आधार से मलबा का अबाध गति से निष्कासन होता है परन्तु अध अपरदन नहीं होता है।

- (ii) ढाल का निवर्तन मलबा-निष्कासन के नियन्त्रण पर आधारित होता है।  
(iii) शैल-मलबा का निष्कासन पूर्णतया धरातलीय परिवहन द्वारा होता है।  
(iv) धरातलीय परिवहन की दर ढाल-कोण के साइन ( $\sin \theta$ ) तथा ढाल-शिखर से दूरी के समानुपातिक होती है।  
(चित्र 217 का 2 भाग)।

मॉडल 3 अ—(i) ढाल के आधार से मलबा का अबाध गति से निष्कासन होता है परन्तु अध अपरदन नहीं होता है।

- (ii) शैल मलबा का निष्कासन पूर्णतया प्रत्यक्ष निष्कासन (Direct removal) द्वारा होता है।  
(iii) शैल-मलबा का प्रत्यक्ष निष्कासन की दर ढाल कोण के साइन ( $\sin \theta$ ) के समानुपातिक होती है।

3 ब—(i) ढाल के आधार से मलबा का अबाध गति से निष्कासन होता है परन्तु अध अपरदन नहीं होता है।

- (ii) ढाल का निवर्तन अपक्षय द्वारा नियन्त्रण पर आधारित होता है।  
(iii) अपक्षय की दर ढाल-कोण के साइन ( $\sin \theta$ ) के समानुपातिक होती है (धरातलीय परिवहन की दर का कोई महत्व नहीं होता है)।  
(चित्र 217 का 3 भाग)।

मॉडल 4—(i) ढाल के आधार से मलबा का निष्कासन अबाध गति से होता है परन्तु अध अपरदन नहीं होता है।

- (ii) ढाल का निवर्तन मलबा-निष्कासन के नियन्त्रण पर आधारित होता है।  
(iii) शैल-मलबा का निष्कासन धरातलीय परिवहन तथा प्रत्यक्ष निष्कासन दोनों द्वारा होता है।

- (iv) धरातलीय परिवहन एवं मलबा के प्रत्यक्ष निष्कासन की दूरे ढाल कोण के साइन ( $\sin \theta$ ) के समानुपातिक होती है।  
(चित्र 217 का 4 भाग)।

**मॉडल 5—(i)** ढाल के आधार में मलबा का निष्कासन अबाध गति में होता है परन्तु अधः अपर-दन नहीं होता है।

- (ii) ढाल का निवर्तन मलबा-निष्कासन के नियन्त्रण पर आधारित होता है।  
(iii) ढाल-मलबा का निष्कासन पूर्णतया धरा-तलीय परिवहन द्वारा होता है।

- (iv) धरातलीय परिवहन की दर ढाल कोण के साइन ( $\sin \theta$ ) तथा ढाल-मलबा की मोटाई के समानुपाती होती है।

- (v) अपस्य की दर (ढाल का मलबा या रेगोलिथ में परिवर्तन) ढाल-कोण के साइन ( $\sin \theta$ ) के समानुपातिक एवं रेगोलिथ (ढाल-मलबा) की मोटाई के व्युत्क्रमानुपातिक (Inversely proportional) होती है।

- (vi) ढाल-परिच्छेदिका के किसी बिन्दु पर ढाल-मलबा की मोटाई उस बिन्दु के ऊपर अपक्षय में प्राप्त ढाल मलबा की कुछ मात्रा के समानुपातिक होती है परन्तु उस बिन्दु में नीचे की ओर परिवहन की दर में व्युत्क्रमानुपातिक होती है।  
(चित्र 217 का 5 भाग)

**मॉडल 6—(i)** ढाल के आधार में ढाल-मलबा का बाधित निष्कासन (Impeded removal of regolith)।

- (ii) जहाँ पर धरातल का ह्रास (Ground loss) होता है वहाँ पर ढाल मलबा के निष्कासन के नियन्त्रण पर आधारित होता है, जहाँ पर धरातल में रुद्धि (Ground gain) होती है वहाँ पर ढाल मलबा के संचयन में नियन्त्रण पर आधारित होता है।

- (iii) ढाल-मलबा का निष्कासन पूर्णतया धरा-तलीय परिवहन द्वारा होता है।

- (iv) धरातलीय परिवहन की दर ढाल-कोण के साइन ( $\sin \theta$ ) के समानुपातिक होती है। (चित्र 217 का 6 भाग)।

**उपर्युक्त मॉडलों की व्याख्या—**जातव्य है कि यंग ने ढाल-परिच्छेदिका के विकास का परिकलन कल्पनाओं के आधार पर किया है न कि वास्तविक प्रक्रमों के परिकलन पर। मॉडल 1 मृदा-सर्पण (Soil creep), मॉडल 2 धरातलीय धुलन (Surface wash) एवं मॉडल 3 घोलोत्करण ह्रास (Solution loss) के प्रक्रमों के कार्य-प्रणाली पर आधारित हैं। मॉडल 1 (चित्र 217 में 1) में ढाल का विकास मृदासर्पण के अन्तर्गत होगा। यदि मृदासर्पण की दर ढाल कोण के साइन ( $\sin \theta$ ) के समानुपातिक हो। यदि मृदासर्पण की दर ढाल के नीचे की ओर बढ़ती जायेगी तो मॉडल 3 के अनुसार ढाल का विकास होगा (चित्र 217 में 3)। मॉडल 1 (चित्र में 1) को देखने से स्पष्ट विदित होता है कि ढाल के प्रारम्भिक रूप में जो कोणिक संघि-स्थान (Angular junction, चित्र 217 में J बिन्दु) होता है उसका गोलन (Rounding) हो जाता है। परन्तु ढाल के निचले भाग पर धरातल-ह्रास (Ground loss) नहीं होता है। शर्न-शर्न शिखरीय उत्तलता (Summital convexity) का विस्तार ढाल के आधार तक हो जाता है। अधिकतम ढाल कोण कम होता जाता है, उत्तलता की लम्बाई बढ़ती जाती है एवं वक्रता (Curvature) घटती जाती है। जातव्य है कि ढाल-विकास की अन्तिम अवस्था में भी अवतलता का विकास नहीं हो पाता है। मॉडल 2 में ढाल के प्रारम्भिक सरलरेखी तत्व में निवर्तन होता है तथा उत्तलता का विकास होता है। समय के साथ ढाल परिच्छेदिका की लम्बाई बढ़ती जाती है, वक्रता घटती जाती है (मॉडल 1 के ही समान) परन्तु ढाल-विकास के अन्तिम चरण में अधः अवतलता (Basal concavity) का विकास हो जाता है (चित्र 217 में 2)। मॉडल 3 में ढाल का विकास मुख्यतया समानान्तर निवर्तन द्वारा होता है। मॉडल 4 में मॉडल 1 तथा 3 की कल्पनाओं को सम्मिलित किया गया है तथा यह अनु-रूपता (Analogy) इस अवधारणा पर आधारित है कि ढाल का विकास धुलन एवं घोलोत्करण ह्रास (Solution loss) दोनों द्वारा प्रभावित होता है। परन्तु हमें एक अतिरिक्त तत्व (मलबा का प्रत्यक्ष निष्कासन) के सम्मिलन से ढाल-विकास की प्रक्रिया मॉडल 1 में भिन्न

हो जाती है। मॉडल 1 में अवतल तल का विकास नहीं हो पाता है। परन्तु मॉडल 4 में पेडीमेंट के समान दीर्घ अर्ध अवतलता (Long basal concavity) का निर्माण हो जाता है।

मॉडल 5 में शैल-मलबा (Regolith) की मोटाई तथा अपघटन एवं परिवहन की दरों के बीच पारस्परिक सम्बन्ध (Interaction) को सम्मिलित किया गया है। उत्तल ढाल पर ऊपर से नीचे की ओर शैल-मलबा की मोटाई में सामान्य किन्तु आहिस्ता-आहिस्ता वृद्धि होती है परन्तु अवतल ढाल पर यह वृद्धि तीव्र गति में होती है। जहाँ पर शैल-मलबा की मोटाई में वृद्धि के साथ घात-तलीय परिवहन (Surface transport) की दर में वृद्धि की कल्पना की जाती है वहाँ पर इस वृद्धि के कारण ढाल के निचले भाग में परिवहन की दर में वृद्धि हो जाती है। ऐसी स्थिति में मॉडल 5 में ढाल-परिच्छेदिका का विकास मॉडल 2 के अनुरूप ही होता है (चित्र 217 में 5)। मॉडल 6 मॉडल 1 के प्रायः समान ही है। अन्तर मात्र इतना है कि मॉडल 6 में ढाल के आधार से मलबा का निष्कासन अबाध गति से नहीं होता है, बरन् उसमें निष्कासन में बाधायें उपस्थित होती रहती हैं जिस कारण मलबा के संचयन से अर्ध अवतलता (Basal concavity) का विकास होता है (चित्र 217 में 6)।

यह ने यद्यपि अपने मॉडल की रचना परिमाणहीन प्राचली (Dimensionless parameters) पर की है तथापि उन्होंने दावा किया है कि वास्तविक ढाल परिमाण (Actual slope dimensions) को ढाल-माडल पर लागू किया जा सकता है। प्रक्रमों के कार्य-दर की जाह कल्पना की गई हो या क्षेत्र में उनका वास्तविक पर्यवेक्षण किया गया हो। इस आधार पर ढाल की प्रत्येक परिच्छेदिका के विकास के लिए वांछित समय का परिकलन किया जा सकता है। यह ने माडल 1 तथा 5 के सम्बन्ध में दो ऊँचाइयों वाले ढालों की परिच्छेदिकाओं के विकास के समय का प्रक्रम की दो कल्पित कार्य-दर के आधार पर परिवर्तन किया है। माडल 1 के सम्बन्ध में यदि मौलिक ढाल की ऊँचाई 10 मीटर है और ढाल के नीचे की ओर मलबा के परिवहन की काल्पनिक दर 0.5

$\text{cm}^3/\text{cm}$  प्रतिवर्ष है तो प्रारम्भिक कोणिक मध्म-स्थान (Angular junction) का गोलन (Rounding) तथा उत्तलता का विकास 15 00 000 वर्षों में होगा और यदि मौलिक ढाल की ऊँचाई 100 मीटर है तो 150 000 000 वर्षों में यह रूप प्राप्त होगा। यदि परिवहन की दर बढ़ाकर  $3.0 \text{ cm}^3/\text{cm}$  प्रतिवर्ष कर दी जाय तो 10 मीटर ऊँचाई वाले ढाल का गोलन तथा उत्तलता में परिवर्तित होने के लिए 2 60 000 वर्ष तथा 100 मीटर की ऊँचाई वाले ढाल के लिए 26 000 000 वर्ष लगेंगे। इसी तरह मॉडल 5 के सम्बन्ध में यदि मलबा के प्रत्यक्ष निष्कासन की काल्पनिक दर 0.005 मेट्रोमीटर प्रतिवर्ष है तो 10 मीटर ऊँचाई वाले मौलिक ढाल का विकास (चित्र 217 में 5) 1 00 000 वर्षों में तथा 100 मीटर ऊँचाई वाले ढाल का विकास 1,00,00,000 वर्षों में होगा। यदि मलबा के निष्कासन की काल्पनिक दर को बढ़ाकर 0.12 मेट्रोमीटर प्रतिवर्ष कर दिया जाय तो 10 मीटर की ऊँचाई वाले ढाल के विकास के लिए 25,000 वर्ष तथा 100 मीटर की ऊँचाई वाले ढाल के लिए 2 50 000 वर्ष की आवश्यकता होगी।

### निष्कर्ष

ढाल-विकास में सम्बन्धित अनेक परिकल्पनाओं मिट्टी-तो तथा माडलों की कल्पनाओं की गई है। इनका स्थापन तब तक नहीं हो सकता जब तक क्षेत्र में ढाल-परिच्छेदिकाओं पर प्रक्रमों की प्रक्रिया-विधि तथा कार्य-दर एवं ढाल के रूपों का मापन तक परिकलन करने पर प्राप्त परिणामों एवं माडल में कल्पित परिणामों में मेल (Matching) स्थापित नहीं कर लिया जाता। मॉडल का प्रयोग क्षेत्र में ढाल के रूप के पर्यवेक्षण के आधार पर प्रक्रम की प्रक्रिया विधि एवं कार्य-दर की जानकारी के लिए नहीं करना चाहिए। वास्तव में माडल की रचना क्षेत्र में ढाल के रूप तथा उस पर कार्यरत प्रक्रम के पर्यवेक्षण के आधार पर की जाय तो परिणाम वास्तविकता के अधिक करीब होते हैं। इस आधार पर (जबकि ढाल-रूप तथा प्रक्रम का पर्यवेक्षण किया गया है) ढाल-विकास का ज्ञान प्राप्त किया जा सकता है।



# प्रवाह-प्रणाली का विकास

(Development of Drainage Pattern)

**सामान्य परिचय—**प्रवाह-प्रणाली के अन्तर्गत किसी क्षेत्र की नदियाँ एवं उनकी सहायक नदियों के क्रम का अध्ययन किया जाता है। प्रवाह-प्रणाली या अपवाह-नैत के विषय में अलग अलग विचारधाराएँ हैं। विवाद केवल प्रवाह-प्रणाली में सम्मिलित किये जाने वाले नदियों के क्षेत्र पर है। कुछ विद्वानों का कहना है कि एक अपवाह-तन्त्र (आगे केवल प्रवाह-प्रणाली नामावली का ही प्रयोग किया जायेगा) में स्थान विशेष की केवल एक नदी एवं उसकी शाखाओं-प्रतिशाखाओं को सम्मिलित करना चाहिए। पार्लेबरी महोदय इस मत के सर्वप्रमुख प्रवक्ता हैं। इन्होंने बताया है कि—“प्रवाह-प्रणाली एक विशेष प्रकार की व्यवस्था होती है जिसका निर्माण एक नदी की धाराओं के सम्मिलित रूप से होता है।”<sup>2</sup>

एक नदी एवं उसकी सहायक नदियों की धाराओं के क्रम को पार्लेबरी ने “प्रवाह प्रणाली” (Drainage pattern) नामावली की संज्ञा प्रदान की है। उन्होंने यह भी बताया है कि कई नदियों के स्थान-सम्बन्धी (Spatial relationship) सम्बन्धों का भी अध्ययन महत्वपूर्ण है। जब किसी नदी विशेष की प्रणाली का अध्ययन न करके कई नदियों के स्थान सम्बन्धी सम्बन्धों का अध्ययन किया जाता है तो उसे पार्लेबरी ने “प्रवाह व्यवस्था” (Drainage arrangement) की संज्ञा प्रदान की है। इस विचारधारा के विपरीत कुछ विद्वानों ने प्रवाह-प्रणाली की आवश्यकता से अधिक व्यापक रूप दे डाला है। इस अतिवादी-विचारधारा (Extremist concept) के अनुसार किसी भी क्षेत्र की नदियों के प्रवाह-क्रम अपना धाराओं के क्रम की प्रवाह-प्रणाली कहा जाता है। इस विचारधारा के अनुसार प्रवाह-प्रणाली के अन्तर्गत किसी एक क्षेत्र की एक ही नदी का या उसकी सहायक नदियों का अध्ययन नहीं किया जाता है बल्कि उम क्षेत्र की समस्त जलधाराओं का अध्ययन किया जाता है। निश्चय ही यह विचारधारा भ्रामक है। प्रवाह-प्रणाली का तात्पर्य सेखक के विचारों के अनुसार नदियों की संख्या या उनकी उपजलधाराओं

में नहीं लेना चाहिए बल्कि स्थान विशेष में एक निश्चित क्रम में प्रवाहित होने वाली नदियों एवं उनकी शाखाओं (यदि हों) के क्रम में लेना चाहिए। हो सकता है कोई क्षेत्र ऐसा हो जिसमें कुछ नदियाँ उम स्थान की मरचना या ढाल का अनुसरण करती हों जब कि कुछ नदियाँ ढाल की परवाह न करने प्रवाहित होती हों। इस प्रकार उक्त स्थान में सभी नदियों के प्रवाह का क्रम एक न होकर दो हो जायेगा। अतः वहाँ की सभी नदियों के क्रम को प्रवाह-प्रणाली तो कहा जा सकता है परन्तु उन्हें निश्चित रूप नहीं दिया जा सकता है।

साधारण अर्थ में प्रवाह-प्रणाली का अर्थ नदियों के क्रम में ही होता है। उदाहरण के लिए प्रायः कहा जाता है—उत्तरी भारत की प्रवाह-प्रणाली, प्रायद्वीपीय भारत की प्रवाह-प्रणाली आदि। उत्तरी भारत अर्थात् हिमालय की नदियों में कुछ तो संरचना के विपरीत अर्थात् हिमालय को पार करके पूर्ववर्ती नदियों (Antecedent rivers) के रूप में बहती हैं तो कुछ ढाल के अनुरूप बहकर अनुवर्ती नदियों (Consequent rivers) का रूप प्रस्तुत करती हैं। इतना ही नहीं कभी-कभी प्रवाह-प्रणाली का इतना व्यापक अर्थ लिया जाता है कि हम कह सकते हैं—एशिया की प्रवाह-प्रणाली, यूरोप की प्रवाह-प्रणाली आदि। इसका तात्पर्य यह बदायि नहीं है कि एशिया में सभी नदियाँ एक ही निश्चित क्रम में प्रवाहित होती हैं। स्पष्ट विवरण के आधार पर प्रवाह-प्रणाली का तात्पर्य किसी स्थान में प्रवाहित होने वाली नदियों के क्रम में लेना चाहिए। उसकी संख्या कुछ भी हो सकती है। इस तरह यदि हम केवल प्रवाह-प्रणाली शब्द का प्रयोग करते हैं तो उसका साधारण अर्थ होगा किसी क्षेत्र की सभी नदियों के प्रवाहित होने का क्रम। यह स्मरणीय है कि नदियों के प्रवाह-क्रम में पर्याप्त परिवर्तन हुआ करता है (कारणों का उल्लेख आगे किया जायेगा), अतः कई ऐसी निश्चित विशेषताएँ होती हैं जिनके आधार पर प्रवाह-प्रणाली में विभेद किया जा सकता है। अब इस आधार पर यदि किसी क्षेत्र में

1. Drainage pattern refers to the particular plan or design, which the individual stream courses collectively form.

नदियों का प्रवाह-मार्ग किसी विशेष व्यवस्था के अनुसार है तो उसे एक निश्चित प्रवाह-प्रणाली की मञ्चा (जैसे पूर्ववर्ती प्रवाह-प्रणाली, पूर्वरोपित प्रवाह-प्रणाली, जाली-नुमा प्रवाह-प्रणाली आदि, प्रदान की जा सकती है। इसके पढ़ने कि प्रवाह-प्रणाली को प्रभावित करने वाले कारण तथा प्रवाह-प्रणाली के प्रकारों का उल्लेख किया जाय यह आवश्यक है कि प्रवाह-प्रणाली का मृजन करने वाली नदियों की कुछ मूलभूत विशेषताओं का उल्लेख कर दिया जाय।

**बाहरी जल एवं जलधारा (Run off and Streams)**

यह अनुमान किया गया है कि प्रति वर्ष 36000 घन मील जल वर्षों के रूप में भूपटल पर गिरता है परन्तु इसका केवल 6520 घन मील ही नदियों आदि द्वारा मानव में आ पाता है। इस तरह वर्षों का वह जल जो कि मतलब पर नदी-नालों आदि के रूप में बहने के लिए प्राप्त हो जाता है, उसे बाहरी जल या बहता जल (Run off) कहते हैं। वर्षा होते ही जल वाष्पीकरण द्वारा वापस हो जाता है, कुछ भाग चट्टानों द्वारा सोख लिया जाता है। शेष जल धरातल पर बहने लगता है। इसे बाहरी जल कहा जाता है। नदियों तथा उनकी सहायक नदियों के लिए आवश्यक जल इसी बाहरी जल से ही प्राप्त होता है। अतः नदियों का स्वभाव एवं उनका प्रकार बाहरी जल की पूर्ति पर पूर्णतया आधारित होता है। बाहरी जल दो प्रकार का होता है। 1. शीघ्र बाहरी जल (Immediate run off)—इसमें वर्षा से प्राप्त हुआ जल शीघ्र ही धरातल पर बहने लगता है। 2. देर से बहा हुआ जल (Late run off)—इसमें पढ़ने तो वर्षा का जल चट्टानों आदि में रिस जाता है परन्तु बाद में झरनों आदि के रूप में धरातल पर प्रकट होकर बहने लगता है। भूमिगत जलधाराएँ (Underground streams) भी इसी की उदाहरण हैं। बाहरी जल की गति को प्रभावित करने वाले कई कारण हैं जिनमें प्रमुख है (बाहरी जल की तीव्र गति के कारण)—1. जब वर्षा जोंगों में एवं समान तथा देर तक हो। एक-एक कर वर्षा होने पर जल का बहाव बहुत कम हो जाता है। 2. स्थल पर वनस्पतियों का अभाव होता चाहिए क्योंकि वनस्पतियाँ जल के बहाव से बाधा उपस्थित करती हैं। 3. स्थल का ढाल तीव्र हो। 4. ढाल अपारम्पर्य हो (Impervious rock) जैसे बलुई मिट्टी पारगम्य होती है एवं जल की सोख लेती है। 5. स्थलभाग या तो वर्ष

में अच्छादित हो या पहले ही जलमग्न हो। 6. स्थान की जलवायु आर्द्र हो ताकि जल का पर्याप्त वाष्पीकरण न हो सके। यदि उपर्युक्त कारणों का अभाव होता है तो निश्चित ही जल का बहाव मन्द हो जायेगा। अब हम जलधाराओं की प्रमुख विशेषताओं और उनके प्रकारों का उल्लेख करेंगे। जलधारा या नदी का स्वभाव बहुत कुछ बाहरी जल की मात्रा तथा उसके स्वभाव पर निर्भर करता है। भूपटल पर सर्वत्र जलधाराएँ एवं समान नहीं हैं—कहीं पर छोटी नदियाँ हैं तो कहीं पर बड़ी, बड़ी पर मतलब बाहिनी नदियाँ हैं तो कहीं पर मौसमी आदि। य सभी बाने बाहिनी-जल द्वारा ही निश्चित ज्ञाती हैं।

(i) स्थायी जलधारा (Permanent stream)—

इन प्रकार की जलधाराओं को सतत बाहिनी (perennial streams) भी कहा जा सकता है क्योंकि इनमें जल का बहाव वर्ष भर चलता रहता है। इस प्रकार की जलधाराएँ ऐसे स्थानों में निकलती हैं जहाँ पर जल की प्राप्ति इतनी अधिक होती है कि जलधाराएँ वर्ष भर प्रवाहित हो सकें। उदाहरण के लिए इनके उद्गम स्थान ग्लेशियरों, हिमानी, घाटियाँ, अधिक वर्षा वाले उच्च पर्वतीय भाग जलस्रोत आदि हो सकते हैं। कुछ तो प्रत्यक्ष रूप में वर्षा का जल प्राप्त करती हैं, जबकि कुछ जलधाराएँ हिममण्डित क्षेत्रों में हिम के पिघलने में जल प्राप्त करती हैं। कुछ जलधाराओं ने अपनी घाटी को इतना गहरा कर डाला है कि घाटी की तली भूमिगत जल तल (Ground water-table) से नीची हो गई है। फलस्वरूप उन्हे वर्ष भर भूमिगत जल से जल मिलता रहता है। भारत की गंगा यमुना ब्रह्मपुत्र आदि नदियाँ ऐसे पर्वतीय भागों में निकलती हैं जहाँ पर वर्षा के दिनों में पर्याप्त वर्षा के कारण बहुत जल मिल जाता है तथा गर्मियों के समय हिम में पिघला हुआ जल (Melt water) मिलता रहता है, जिस कारण इनमें वर्ष भर जल की पूर्ति होती रहती है।

(ii) आन्तराधिक जलधारा (Intermittent Stream)—

आन्तराधिक जलधाराओं को मौसमी भी कहा जा सकता है क्योंकि ये साल भर प्रवाहित होने वाली न होकर वर्ष के कुछ खास समय में ही प्रवाहित होती हैं और शेष समय में शुष्क हो जाती हैं। जिन प्रदेशों में मौसमी वृष्टि होती है या मौसमी हिमपात होता है वहाँ पर जलधाराओं के लिए जल की पूर्ति कुछ ही समय तक होती है। आन्तराधिक जलधाराएँ, इस प्रकार भूगर्भ में अर्द्धशुष्क प्रदेशों में पाई जाती हैं। उन्हे दो वर्गों में

विभाजित किया जा सकता है। 1. अंतःश्रोत-पोषित आन्तराधिक जलधारायें (Spring fed intermittent stream)—चूँकि जलश्रोत का सम्बन्ध भूमिजल तल से होता है अतः इस तल में परिवर्तन के कारण जल की पूर्ति भी घटती-बढ़ती रहती है, जिस कारण जलधाराओं का रूप सतत-वर्षा नहीं हो पाता है। उदाहरण के लिए जब भूमिजल-तल नीचे चला जाता है तो उसके ऊपर स्थित जलधारा जल नहीं प्राप्त कर पाती है तथा सूख जाती है। परन्तु जब जल-तल ऊपर होता है तो जल की पूर्ति होने लगती है एवं नदी प्रवाहित हो जाती है। 2. सतह पोषित आन्तराधिक जलधारा (Surface fed intermittent streams)—जब जलधाराओं में जल की पूर्ति सतह पर वर्षा के जल या हिम के पिघलने से प्राप्त जल द्वारा होता है ता उमें सतह-पोषित आन्तराधिक जलधारा कहते हैं। जब जल की पूर्ति रुक जाती है तो नदी सूख जाती है। इस तरह की नदियाँ अचानक जल की पूर्ति के कारण उमड़ पड़ती हैं तथा अचानक प्रमाणित होती हैं। रेगिस्तानी भागों में अनायास वर्षा के कारण यह स्थिति प्रायः उपस्थित होती रहती है।

(iii) अल्पकालिक जलधारा (Iphemeral Stream)—अल्पकालिक जलधाराओं का नेत्रस सामयिक एवं स्थानीय महत्त्व होता है। स्थलाकृति के निर्माण में इनका महत्त्व नगण्य होता है। ये जलधारायें पूर्ण रूपेण वर्षा पर आधारित होती हैं परन्तु इनके प्रवाहित होने का समय एक मास से अधिक नहीं होना चाहिए। कुछ जलधारायें तो कुछ घण्टों में केवल कुछ दिन तक ही प्रवाहित होती हैं। इनके बाद समाप्त हो जाती हैं। उपर्युक्त विवरण 'मयह स्पॉट है वि' अल्पकालिक जलधारायें शुष्क एवं अर्द्ध शुष्क रेगिस्तानी भागों में ही पनप सकती हैं, जहाँ पर अचानक जलकृति से अनिश्चित नदियाँ का मुत्रपात हो जाता है परन्तु इनके चैनल एवं प्रवाह-मार्ग में कोई क्रमबद्धता या निश्चितता नहीं होती है। ये किसी भी दिशा में ढाल व अनुस्यू प्रवाहित हो सकती हैं।

जलधाराओं की स्थिति एवं प्रवाह-प्रणाली में विभिन्नता (Location of streams and differences in drainage pattern)—प्रत्येक स्थान पर जलधाराओं की स्थिति नहीं पाई जाती है। इतना ही नहीं प्रत्येक स्थान पर नदियों की संख्या या उसके बीच के स्थान समान नहीं होते हैं। अर्थात् नदियाँ बराबर दूरी पर वितरित नहीं होती हैं। किसी स्थान पर एक से अधिक

जलधारायें होती हैं एवं अपनी खाद्याओं-प्रतिखाद्याओं के साथ जाल के रूप में विस्तृत होती हैं तो वहाँ पर एक या दो नदियाँ ही प्रवाहित होती हैं। वहाँ पर नदियाँ स्थल के ढाल के अनुरूप बहती हैं, अर्थात् वहाँ की मरचना का अनुसरण करती हैं तो कहीं पर उनका रूप ढाल के विपरित होता है। वहाँ पर नदियाँ एक मध्यवर्ती केन्द्र में निकलकर चतुर्दिक् प्रवाहित होती हैं तो कहीं पर चारों दिशाओं में अकार नदियाँ एक मध्यवर्ती केन्द्र पर मिल जाती हैं। इस प्रकार हम देखते हैं कि विभिन्न स्थानों में जलधाराओं की स्थिति तथा वहाँ की प्रवाह-प्रणाली में पर्याप्त अन्तर मिलता है। इसके कई कारण बताये जा सकते हैं परन्तु प्रमुख कारण इस प्रकार हैं—1. जलधारा के लिए पर्याप्त जल की प्राप्ति अर्थात् पर्याप्त वर्षा का होना, 2. जलधारा के मार्ग की वनाने के लिए स्थलखण्ड का ढाल, 3. चट्टान की कठोरता में अन्तर, 4. संरचनात्मक नियन्त्रण (Structural control), 5. तात्कालिक पटल-विस्फरण (Recent diastrophism) तथा 6. प्रवाह बेसिन का नवीन भूगर्भिक एवं भूवाकृतिक इतिहास। जलधाराओं एवं प्रवाह-प्रणालियों के कुछ ऐसे भी उदाहरण हैं कि उपर्युक्त कारण उनकी स्थिति एवं वितरण की समस्या को मुलभूत पान में प्रायः असमर्थ हैं। उदाहरण के लिए हडसन नदी एवं कनेक्टिकट नदी प्रायः सीधी दिशा में प्रवाहित होती हैं एवं उनके बीच की दूरी नगण्य है (कुछ ही मील) साथ ही साथ उनमें सहायक नदियाँ बहुत ही कम हैं। ये नदियाँ इतनी पास-पास हैं, फिर भी अलग-अलग बयी प्रवाहित होती हैं? इस प्रश्न का हल आसान नहीं है। इसी तरह मिसौसीपी निम्न भाग में मिसौसीपी एवं मिसौरी नदियाँ अत्यधिक विस्तृत क्षेत्र में अपनी कई सहायक नदियों के साथ प्रवाहित होती हैं तथा इनकी सहायक नदियाँ प्रायः हर दिशा में अप्रसर होती हैं। इसी तरह कुछ नदियाँ हिमालय तथा अल्पेटियन पर्वत की काट कर उनके आर-पार प्रवाहित होती हैं। इस तरह की अनेक समस्यायें हैं, जिनका समाधान यदि सम्भव नहीं तो कठिन अवश्य है।

उपर्युक्त समस्याओं एवं प्रवाह-प्रणाली की जटिलताओं के रहते हुए भी जलधाराओं की स्थिति तथा वितरण को ऊपर बर्णित कारक अवश्य प्रभावित करते हैं। इनमें से वर्षा निश्चय ही सबसे प्रमुख नियन्त्रक कारक है। सामान्य रूप में जहाँ पर वर्षा (जलवर्षा तथा हिमपात दोनों) अधिक होती है वहाँ पर निश्चय ही

नदियाँ अधिक होती हैं। इस तरह दृष्टि मुख्य रूप में नदियों की सख्या तथा स्वभाव को प्रभावित करती है, जबकि ढाल, संरचनात्मक नियंत्रण, भू-हलचल नदियों की दिशा तथा स्थिति को प्रभावित करते हैं। उदाहरण के लिए नदियों का मार्ग भ्रमण, बलन स्थल के बड़े पैमाने पर विस्तृत उत्सर्जन (Upwarps, ऊपर की ओर वजन) एवं अवसर्जन (Downwarps, नीचे की ओर) आदि द्वारा अधिकतर प्रभावित होता है। मिसिसीपी-प्रवाह-प्रणाली का स्पष्टीकरण उपर्युक्त कारकों के आधार पर आसानी से किया जा सकता है। मिसिसीपी तथा उसकी सहायक नदियाँ राकी पर्वत तथा अप्लेशियन पर्वत के मध्य प्रवाहित होती हैं। पश्चिम में राकी पर्वत एवं उच्च मैदान जलधाराओं को पूर्व दिशा प्रदान करता है जबकि पूर्व में अप्लेशियन पर्वत एवं अप्लेशीय पठार उनसे निकलने वाली नदियों को पश्चिम दिशा में बहने के लिये बाध्य करता है। अतः उत्तर से दक्षिण का सामान्य निम्न ढाल मज्जत प्रवाह व्यवस्था को दक्षिण में मेक्सिको की खाड़ी में गिरने के लिये बाध्य करता है। थोड़े समय के लिए यदि यह मान लिया जाय कि मेक्सिको की खाड़ी-क्षेत्र का उत्सर्जन (Upwarping—उत्थान) हो जाता है तथा उत्तरी सयुक्त राज्य अमेरिका का अवसर्जन (Downwarping—नीचे की ओर मुकाब) हो जाता है तो स्थल का सामान्य ढाल दक्षिण में उत्तर हो जायेगा। फलस्वरूप मज्जत मिसिसीपी प्रवाह-प्रणाली दक्षिण में न गिरकर उत्तर या उत्तर-पूर्व की ओर प्रवाहित होने लगेगी। इस तरह प्रवाह-प्रणाली के विकास पर उपर्युक्त कारकों के नियंत्रण की अस्वीकार नहीं किया जा सकता है।

३मीं तम्र हिमालय तथा प्रायद्वीपीय भारत के उत्तरी अ प्रदेश के मध्य यमुना-गंगा मैदान में प्रवाह-प्रणाली को बड़े पैमाने पर प्रभावित किया है। प्रायद्वीपीय भारत के उत्तरी भाग से निकलकर उत्तर दिशा में प्रवाहित होने वाली नदियाँ उत्तरी कगार से उत्तरी हुई जल-प्रपात तथा गर्ज बनाने के बाद यमुना-गंगा मैदान में प्रविष्ट होने पर मियाण्डर तथा बाढ़ मैदान का निर्माण करती हैं।

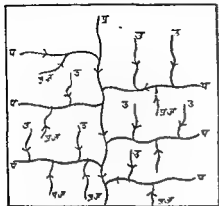
**प्रवाह-प्रणाली के प्रकार (Drainage Pattern)**

उपर्युक्त विवरणों से स्पष्ट हो गया है कि किसी भी स्थान की प्रवाह-प्रणाली में नदियों की स्थिति, उनकी संख्या तथा प्रवाह-मार्ग में वहाँ की स्थलीय बनावट

स्थल का ढाल, संरचनात्मक नियंत्रण चट्टानों की कठोरता आदि का अत्यधिक प्रभाव होता है। दूसरे शब्दों में नदियों एवं उनकी शाखाओं का स्वभाव मुख्य रूप में वहाँ की स्थलीय बनावट के अनुसार हुआ करता है। चूँकि प्रत्येक स्थान की धरातलीय बनावट में पर्याप्त अन्तर होता है, अतः प्रवाह-प्रणाली के रूप में भी अन्तर होना अवश्यम्भावी है। यह स्मरणीय है कि किसी नदी विशेष के प्रवाह का प्रभाव भी अन्य नदियों के प्रवाह पर वही-वही महत्वपूर्ण होता है। यहाँ तक कि कभी-कभी एक नदी (मरिता-अपहरण द्वारा) अन्य नदियों को आगम-सात करके उनसे प्रवाह मार्ग को ही बदल देती है। यद्यपि प्रत्येक स्थान की प्रवाह-प्रणाली में कुछ तबौन विशेषताएँ अवश्य मिल जाती हैं तथा किन्हीं दो स्थानों की प्रवाह-प्रणालियाँ एकदम एक सी (Similar but not the same) नहीं होती हैं तथापि उनमें कुछ ऐसी सामान्य विशेषताएँ शक्य होती हैं, जिनके आधार पर उन्हें एक निश्चित प्रवाह-प्रणाली का रूप प्रदान किया जा सकता है तथा प्रवाह-प्रणाली का वर्गीकरण-विभाजन सम्भव हो सकता है। सामान्य तौर पर भूपटल की प्रवाह-प्रणालियों को निम्न-प्रकारों में विभाजित किया जा सकता है—1. जालीनुमा प्रवाह-प्रणाली (Trellis drainage pattern), 2. पादपाकार प्रवाह-प्रणाली (Dendritic drainage), 3. आयताकार प्रवाह-प्रणाली (Rectangular drainage), 4. पूर्ववर्ती प्रवाह-प्रणाली (Antecedent drainage pattern) 5. पुनरोपित प्रवाह-प्रणाली (Superimposed drainage), 6. अपकेन्द्री या केन्द्र-रूपी या वरीय प्रवाह-प्रणाली (Centrifugal or radial drainage pattern) 7. अभिकेन्द्री या केन्द्रो-न्मुख प्रवाह-प्रणाली (Centripetal or inland drainage), 8. अनिश्चित प्रवाह-प्रणाली (Indeterminate drainage), 9. अंतराधिक प्रवाह-प्रणाली (Intermittent drainage), 10. भूमिगत प्रवाह-प्रणाली (Underground drainage) तथा 11. वलयकार प्रवाह-प्रणाली (Annular drainage)।

**जालीनुमा प्रवाह-प्रणाली (Trellis Drainage Pattern)**  
जालीनुमा प्रवाह-प्रणाली को स्वभावोद्भूत प्रवाह-प्रणाली भी कहा जाता है, क्योंकि इस प्रणाली के अन्तर्गत जलधाराएँ पूर्ण रूप से धरातलीय ढाल का अनुकरण करती हैं तथा इसके प्रवाह-मार्ग में परिवर्तन ढाल में परिवर्तन के अनुसार हुआ करता है। वास्तव में इस

प्रणाली में नदियाँ एक रूप में आयताकार होती हैं, परन्तु प्रमुख आयताकार प्रणाली के समाप्त होने पर नदियों का क्रम चट्टानों की आयताकार सधियों के अनुसार निश्चित न होकर धरातलीय ढाल के अनुरूप होता है। इस प्रवाह-प्रणाली में नदियाँ एक जाल के रूप में फैली होती हैं,



चित्र 218—जालीनुमा प्रवाह-प्रणाली का विकास। प्र—प्रधान अनुवर्ती (Master Consequent), प—परवर्ती जलधारा (Subsequent stream), प्रज—प्रत्यनुवर्ती जलधारा (Obsequent stream), उ—उप अनुवर्ती जलधारा (Sub-Consequent stream)।

जैसे कि लताओं का विस्तार एक जाली पर किया जाता है। इस प्रवाह-प्रणाली को प्रभावित करने वाले दो प्रमुख कारण हैं—1. धरातलीय भाग में प्रारम्भिक अवतलित भाग (निम्न भाग-गर्त) तथा 2 ढाल का स्वभाव। जैसे ही कोई स्थल भाग गतह से ऊपर उठता है, उस पर ऊपरी ढाल में निचले ढाल की

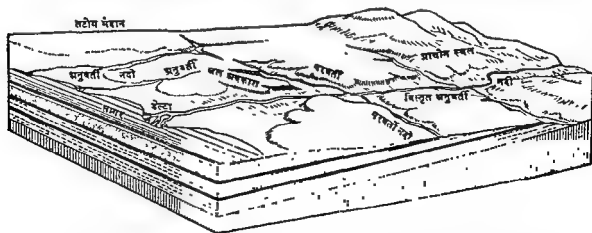
ओर प्रवाहित होने वाली नदियों का विकास हो जाता है। तदनन्तर उनकी शाखाओं तथा प्रतिशाखाओं का आविर्भाव हो जाता है एवं छोटे समय के अन्दर ही एक संयुक्त जालीनुमा प्रवाह-प्रणाली विकसित हो जाती है। इस प्रकार की प्रवाह-प्रणाली में प्रमुख रूप से तीन प्रकार की जलधाराओं का विकास होता है—जो निरखाने-चित्र 218 द्वारा स्पष्ट है। स्वभावोद्भूत जलधाराओं का विकास उचित गुम्बद, ऊपर उठे नये प्लॉक पर्वत, ऊँचे उठे तटीय मैदान तथा मोड़दार पर्वतों के ऊपर होता है। चित्र 219 में एक गुम्बदीय पर्वत पर इनका विकास दिखाया गया है।

1. अनुवर्ती जलधारा (Consequent stream)—किसी भी स्थलखण्ड में वास्तविक तथा प्राथमिक ढाल के अनुसार प्रवाहित होने वाली नदी को अनुवर्ती जल-



चित्र 219—गुम्बद के ऊपर जालीनुमा प्रवाह-प्रणाली का विकास।

अ<sup>1</sup>—अ<sup>8</sup> अनुवर्ती जलधारा। प्र—प्रत्यनुवर्ती जलधारा। प<sup>1</sup>—प<sup>4</sup> परवर्ती जलधारा। न—नवानुवर्ती जलधारा (Ressequent stream)



२. चित्र 220—तटीय मैदान पर विस्तृत अनुवर्ती जलधारा (Extended Consequent Stream) का विकास।

धारा कहा जाता है। जलधाराओं का विकास चूँकि पूर्णरूप से स्थलखण्ड के ढाल के स्वभाव के अनुसार होता है, अतः इन्हें स्वभावोद्भूत जलधारा भी कहा जाता है। ये जलधारायें जालीनुमा प्रवाह-प्रणाली की मुख्य धारा होती हैं, जिनमें अन्य सहायक नदियाँ आकर मिलती हैं। ये नदियाँ मुख्य रूप से ढाल की नति (Dip) के सहारे प्रवाहित होती हैं। अतः इन्हें डिप नदी (Dip stream) भी कहा जाता है। चित्र 218 में प्र नदी अनुवर्ती जलधारा है।

यदि तटीय मैदान का उदाहरण लिया जाय तो उस पर अनुवर्ती नदियाँ प्रायः समानान्तर हुआ करती हैं तथा नदियाँ यहाँ पर सामानान्तर प्रवाह-प्रणाली (Parallel drainage pattern) का सृजन करती हैं, क्योंकि प्रायः प्रत्येक अनुवर्ती नदी निम्न ढाल की ओर अर्थात् सागर की ओर प्रवाहित होती है। यदि किसी क्षेत्र में कई अनुवर्ती नदियाँ हैं तो उनमें से एक सर्वाधिक लम्बी होती है, जिसे प्रमुख अनुवर्ती (Master consequent) कहा जाता है। तटीय भाग का आन्तरिक विस्तार स्थलखण्ड के प्राचीन भाग से जुड़ा होता है जिसे प्राचीन स्थल कहते हैं। प्रायः यह होता है कि तटीय मैदान का आधिपत्य के पहले भी इस प्राचीन स्थल से नदियाँ निकलकर सागर में मिलती हैं। जब तटीय मैदान का निर्गमन (Emergence) ऊपर आना होता है तो भी प्राचीन स्थल से निकलने वाली नदियाँ इन तटीय मैदानों के आर-पार बहकर सागर में मिलती हैं, क्योंकि अनुवर्ती नदियाँ प्रादेशिक ढाल (Regional slope) का अनुसरण करती हैं। इस प्रकार तटीय मैदान की ये नदियाँ, जिनका उद्गम-स्थान प्राचीन स्थल में होता है, विस्तृत अनुवर्ती (Extended consequent) कही जाती हैं। इस तरह प्रायः प्रत्येक विस्तृत अनुवर्ती का प्रवाह-मार्ग, केवल तटीय मैदान पर विस्तृत, अनुवर्ती से अधिक होता है। इस तरह विस्तृत अनुवर्ती किसी क्षेत्र विशेष की प्रधान अनुवर्ती हुआ करती है। यहाँ पर यह स्मरणीय है कि प्राचीन स्थल से निकलने वाली अनुवर्ती के प्रवाह-मार्ग के केवल उसी भाग को विस्तृत अनुवर्ती कहा जाता है जिसका विस्तार तटीय मैदान पर हुआ है। अनुवर्ती नदियों के बीच के स्थान की दूरी यहाँ के प्रारम्भिक धरातलीय ढाल पर आधारित होती है। साथ ही साथ अनुवर्ती की संख्या एवं उनकी पास-पास होना या दूर-दूर होना सतह की अप्रवेक्ष्यता या प्रवेक्ष्यता पर आधारित होता है। यदि वहाँ की शैल प्रवेक्ष्य है तो

अधिकांश जल रिसकर सतह के नीचे चला जायेगा और अनुवर्ती नदियाँ दूर-दूर होंगी एवं उनकी सहायक नदियाँ कम होंगी।

**2. परवर्ती जलधारा (Subsequent streams)**— अनुवर्ती नदियों के निर्माण तथा विकास के बाद उनकी प्रथम सहायक नदियों का विकास होता है जो कि अनुवर्ती नदी से समकोण पर मिलती हैं। इस प्रकार की जलधारा को परवर्ती या अनन्तरोद्भूत जलधारा इसलिये कहते हैं कि इनका विकास अनुवर्ती नदियों के बाद होता है। इन नदियों को अनन्तरोद्भूत इसलिए भी कहा जाता है कि ये जलधारायें प्रतिरोधी शैलों वाले भागों को पार नहीं करती हैं वरन् ये कमजोर चट्टान वाले स्तर के ऊपर अपना मार्ग बनाती हैं। इस तरह परवर्ती अपनी सरचना से समायोजित होती हैं। इस जलधारा का विकास निम्न रूप में होता है। बलित चट्टानों वाले भाग में पहले ढाल के अनुरूप प्रधान अनुवर्ती का विकास होता है। इसके बाद जैसे-जैसे अनुवर्ती को पाटी गहरी होती जाती है, वैसे ही उसमें दोनों किनारे में छोटी-छोटी जलधारायें आकर मिलने लगती हैं। ये मँदव शीर्ष अपरदन (Headward erosion) करके बढ़ती जाती हैं तथा कुछ समय के बाद अनुवर्ती नदी की सहायक जलधाराओं का विकास हो जाता है जो कि मुख्य अनुवर्ती से समकोण पर मिलती हैं। ये नदियाँ तब तक शीर्ष अपरदन द्वारा लम्बी होती जाती हैं जब तक कि ये ढाल के नति लम्ब (Strike) के समानान्तर न हो जायें। इस प्रकार निमित्त जलधारा परवर्ती होती है। चूँकि यह जलधारा ढाल के नति लम्ब के सहारे या उसके समानान्तर होती है, अतः इसे 'नति लम्ब जलधारा' या 'स्ट्राइक जलधारा' (Strike stream) भी कहा जाता है। कई समानान्तर नति लम्ब जलधाराओं के बीच कटक (Ridges) होते हैं जो कि प्रतिरोधी शैल के बने होते हैं। दो समानान्तर स्ट्राइक जलधाराओं के बीच की प्रतिरोधी चट्टानों से निमित्त कटक को शूकर कटक (Hogback) या बर्सेरा (Questa) कहा जाता है। चित्र 218 में 'प' जलधारायें परवर्ती की उदाहरण हैं।

**3. उप-जलधारा (Substreams)**— परवर्ती जलधारा के निर्माण के बाद उसमें दोनों दिशाओं से सहायक नदियाँ आकर समकोण पर मिलती हैं। इन्हें परवर्ती की उप-जलधारा कहा जाता है। ये जलधारायें सम्बाई में बहुत छोटी हुमा करती हैं तथा ढाल के अनुरूप प्रवाहित होती हैं। ये मुख्य रूप से वर्षा के दिनों में विवक्षित होती

हैं। अनुवर्ती की दिशा के आधार पर जलधाराओं को दो वर्गों में विभाजित किया जाता है—प्रत्यनुवर्ती तथा उप-अनुवर्ती।

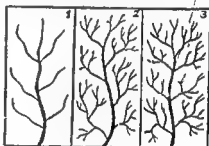
(अ) प्रत्यनुवर्ती जलधारा (Obsequent Streams) ये जलधाराएँ भी सरचना के माध्यम से समायोजित होती हैं। तथ्या डाल के अनुरूप प्रवाहित होती हैं। इनकी दिशा प्रमुख अनुवर्ती के विपरीत दृष्टा करती है। चित्र 218 तथा 219 में यह तथ्य स्पष्ट हो जाता है। प्रत्यनुवर्ती, परवर्ती से समकोण पर मिलती है।

(ब) उप अनुवर्ती जलधारा (Sub Consequent Streams)—परवर्ती जलधारा की उन सहायक जलधाराओं को, जो कि प्रमुख अनुवर्ती के अनुकूल दिशा में बहती हैं, अनुवर्ती या नवानुवर्ती जलधारा (Resequent streams) कहते हैं क्योंकि ये मुख्य अनुवर्ती की अपेक्षा नवीन होती हैं। नवानुवर्ती जलधाराएँ परवर्ती जलधाराओं से प्रायः समकोण पर मिलती हैं। इनकी एक सबसे बड़ी विशेषता यह है कि ये ढाल के निचले भाग में अंत में प्रकट होती हैं। इस प्रकार अनुवर्ती, परवर्ती, प्रत्यनुवर्ती तथा नवानुवर्ती जलधाराओं के विकास हो जाने पर उनके सम्मिलित रूप की जालीनुमा प्रवाह-प्रणाली कहते हैं। दक्षिणी छोटा नागपुर के बलित पर्वतीय भाग में जालीनुमा प्रवाह-प्रणाली पायी जाती है, जहाँ पर सुवर्णरेखा अनुवर्ती भरिता है और इसकी सहायक काँची, तनेजा आदि परवर्ती भरिताएँ हैं। जालीनुमा प्रवाह-प्रणाली का विकास दामोदर कोयला क्षेत्र में भी हुआ है।<sup>1</sup>

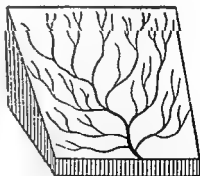
### पादपाकार प्रवाह-प्रणाली (Dendritic Drainage Pattern)

इस प्रवाह-प्रणाली की दृष्टाकृति या वृक्षानुमा प्रवाह-प्रणाली की भी मजा प्रदान की जाती है। इस प्रकार की जलधाराओं का विकास मुख्य रूप से मघाट तथा चौरस विस्तृत भागों में होता है। ग्रेनाइट जल वाले भाग में इनका विस्तार सर्वाधिक होता है। ऐसी जलधाराओं वाले प्रवाह-क्षेत्र को पादपाकार प्रवाह-प्रणाली कहा जाता है। इनका आकार देखने पर वृक्ष के तने तथा उसकी शाखाओं के समान दिखाई पड़ता है। जिस प्रकार एक वृक्ष में सर्वप्रमुख उसका तना होता है तथा उसकी प्रमुख शाखाएँ इससे मिली होती हैं, इतना ही नहीं शाखाओं

की शाखाएँ एवं प्रतिशाखाएँ होती हैं जो कि प्रायः सभी दिशाओं की ओर उन्मुख होती हैं। उसी प्रकार पादपाकार प्रणाली में क्षेत्र की एक मुख्य जलधारा होती है और उसकी सहायक तथा सहायक की सहायक, उपसहायक आदि शाखाएँ सभी दिशाओं से आकर मुख्य जलधारा से मिल जाती हैं। जिस तरह वृक्ष की छोटी शाखाएँ बड़ी शाखा से मिलती हैं उसी तरह इस प्रवाह-प्रणाली में छोटी जलधाराएँ बड़ी जलधाराओं से मिली रहती हैं। वृक्षों की सरचना का पादपाकार प्रवाह-प्रणाली पर कोई खास प्रभाव नहीं पड़ता है तथापि एक ही ढाल से निर्मित समतल भू-भाग में इनका विकास शीघ्र एवं स्पष्ट रूप में होता है। इनके विकास की दशाएँ क्रमिक तथा सरल होती हैं। सर्वप्रथम मुख्य नदी का आविर्भाव एवं विकास होता है। तदनंतर नदी की लम्बाई बढ़ती जाती है एवं उसकी सहायक नदियों का विकास होता है। शीर्ष अपरदन (Headward erosion) द्वारा बड़ी जलधाराएँ छोटी जलधाराओं को आत्मसात् करती



चित्र 221—पादपाकार प्रवाह-प्रणाली के विकास की अवस्थाएँ।



चित्र 222—पादपाकार प्रवाह-प्रणाली के विकास में ढाल का प्रभाव।

1 Singh, R. P., 1969 - Geomorphological evolution of Chhotanagpur Highlands, NGSI, Varanasi pp 66-67.

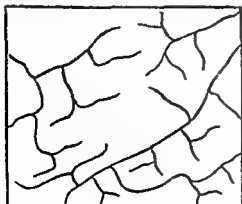
रहती है। रेखाचित्र 221 में पादपाकार प्रवाह-प्रणाली के विकास की अवस्थाएँ दिखाई गई हैं।

पादपाकार प्रवाह-प्रणाली में नदियों के विस्तार तथा उनकी सहायक जलधाराओं की संख्या के ऊपर शैल की प्रवेश्यता तथा ढाल का प्रभाव अवश्य होता है। यदि कोई स्थान सपाट तथा चौरस है, एवं ढाल मन्द है, साथ ही साथ यदि चट्टानें अप्रवेश्य (Impervious) हैं तो पादपाकार क्रम अत्यधिक विस्तृत होगा अर्थात् लम्बाई और चौड़ाई दोनों में विकास एवं विस्तार होगा तथा महायुक्त नदियों की संख्या अधिक होगी। परन्तु यदि स्थल का ढाल तीव्र है, प्रणाली लम्बाई में तो अधिक होगी परन्तु चौड़ाई में विस्तृत नहीं हो पायेगी। यह तथ्य चित्र 222 से स्पष्ट हो जाता है। छोटा नागपुर के अधिकांश क्षेत्रों में समान अवरोध वाली आग्नेय शैल के ऊपर पादपाकार प्रवाह-प्रणाली का विकास हुआ है। पादपाकार प्रवाह-प्रणाली सबसे अधिक क्षेत्र (प्रत्येक महाद्वीप तथा देश में) पर विकसित हुई है।

आयताकार प्रवाह-प्रणाली

(Rectangular Drainage Pattern)

आयताकार प्रवाह-प्रणाली में भी सहायक नदियाँ अपनी मुख्य नदी से समकोण पर मिलती हैं परन्तु यह प्रवाह-प्रणाली, अनुवर्ती प्रणाली से भिन्न है, क्योंकि अनुवर्ती प्रणाली में नदियाँ ढाल के अनुरूप होती हैं एवं उनके मिलने का कोण उस स्थल के नतिलम्ब (Strike) तथा नति (Dip) द्वारा निर्धारित होती है परन्तु आयताकार प्रवाह-प्रणाली में नदियों के मिलने के स्थान का कोण चट्टान की संधियों के स्वभाव द्वारा निर्धारित होता है। अतः आयताकार प्रणाली का विकास प्रायः उन क्षेत्रों में होता है, जहाँ पर चट्टानों के जोड़ तथा



चित्र 223—आयताकार प्रवाह-प्रणाली का विकास।

सन्धियाँ आयत के रूप में होती हैं। इस कारण सर्वप्रथम सन्धियों के सहारे चट्टान का अपक्षय द्वारा विघटन एवं वियोजन होता है। तदनंतर सन्धियों का विस्तार हो जाता है एवं उनमें बाही जल एकत्र होने लगता है। फलस्वरूप छोटे-छोटे नालों का विकास होता है। ये नाले बढ़कर जलधाराओं का रूप धारण कर लेते हैं। कुछ समय के बाद उन समस्त क्षेत्र में आयताकार सन्धियों के चारों तरफ जलधाराओं का विकास हो जाता है तथा नदियाँ समकोण पर एक दूसरे से मिलती हैं। इस प्रकार की जलधाराओं के सामूहिक क्रम को आयताकार प्रवाह-प्रणाली कहा जाता है। पालामऊ तथा बाहाबाद जिले में प्रवाह-प्रणाली के विकास के ऊपर शैल-संधियों का प्रवाह स्पष्ट परिलक्षित होता है तथा इन संधियों ने आयताकार प्रवाह-प्रणाली को जन्म दिया। रोहतास पठार पर आयताकार प्रवाह-प्रणाली का खूबसूरत उदाहरण देखने को मिलता है।

पूर्ववर्ती प्रवाह-प्रणाली

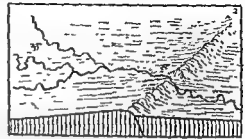
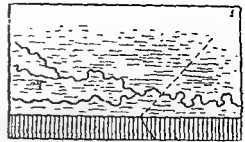
(Antecedent Drainage Pattern)

पूर्ववर्ती जलधारा उसे कहते हैं जिसका आविर्भाव स्थलखण्ड में उत्थान के पहले हो चुका होता है। साधारण अर्थों में पहले से प्रवाहित होने वाली जलधारा को पूर्ववर्ती कहते हैं, जिस पर सरचना या स्थलखण्ड के उत्थान का प्रभाव नहीं पड़ता है। यदि नदी की लाटी का विकास किसी स्थान विशेष पर हो जाता है और उसके बाद यदि नदी के मार्ग में स्थलखण्ड में उत्थान होता है तो पूर्ववर्ती नदी ऊँचे उठे स्थलखण्ड को काट कर अपने पुराने मार्ग एवं घाटी को सुरक्षित रखती है। इस प्रकार परिभाषा के रूप में पूर्ववर्ती नदियाँ वे जलधाराएँ हैं जो कि स्थलखण्ड के उत्थान होने पर भी अपने पहले वाले मार्ग को ही अपनाती हैं। इस तरह पूर्ववर्ती नदियाँ अपने धरातलीय ढाल तथा सरचना से समायोजित नहीं होती हैं। पूर्ववर्ती नदियों को अक्रमवर्ती जलधारा (Insequent streams) भी कहा जा सकता है। चूँकि ये जलधाराएँ स्थानीय ढाल का अनुसरण नहीं करती हैं अतः इन्हें विलोम अनुवर्ती या प्रतिअनुवर्ती जलधारा (Ante-consequent) भी कहा जा सकता है। पूर्ववर्ती नदी के लिये उत्थान के स्वभाव का अध्ययन आवश्यक है तथा सभी प्रकार के उत्थान के समय नदी अपने पहले वाले मार्ग का अनुसरण नहीं कर सकती है। उदाहरण के लिए यदि स्थलखण्ड का उत्थान अचानक



वड़े पैमाने पर होता है एवं थोड़े ही समय में पूरा स्थल-खण्ड अत्यधिक ऊँचाई को प्राप्त हो जाता है तो पहले वाली जलधारा में नवीन उँचे स्थलखण्ड का सामना नहीं कर पायेगी और छिन्न-भिन्न हो जायेगी। इसमें स्पष्ट है कि पूर्ववर्ती जलधारा के लिये उत्थान का धीरे-धीरे मन्द गति से होना आवश्यक है ताकि नदी अपनी घाटी को निम्न कटाव द्वारा गहरा करके अपने पहले मार्ग को कायम रख सके। उत्थान के विषय में दूसरी महत्त्वपूर्ण बात यह है कि वह स्थानीय होना चाहिये न कि प्रादेशिक। जब नदी के मार्ग में किसी सीमित स्थान पर उत्थान होता है तथा नदी यदि उग उठे भाग को काट कर अपना पहला मार्ग कायम रखती है तभी उसे पूर्ववर्ती जलधारा कहा जा सकता है, अन्यथा यदि समस्त भाग, जिससे होकर जलधारा प्रवाहित होती है, ऊपर उठ जाता है तो पूर्ववर्ती जलधारा का विकास नहीं हो सकेगा। अन्तिम महत्त्वपूर्ण तथ्य उत्थान तथा नदी द्वारा निम्न कटाव के बीच अनुपात से सम्बन्धित है। यदि उत्थान के साथ नदी द्वारा निम्न कटाव इतना अधिक है कि वह उत्थान का अनुसरण कर सके अर्थात् नदी का कटाव यदि उत्थान की दर के बराबर या अधिक है तभी नदी अपनी पहली घाटी को कायम रख सकती है, अन्यथा स्थलखण्ड अधिक ऊपर उठ जायेगा।

रेखाचित्र की सहायता से पूर्ववर्ती नदी के विकास की अवस्थाओं को स्पष्ट किया जा सकता है। चित्र 224 (1) में "अ" नदी की घाटी तथा प्रवाह-मार्ग का स्थल-खण्ड के ऊपर पूर्णतया विकास हो चुका है। चित्र 224 (2) में "स" स्थान पर स्थलखण्ड में उत्थान हो जाता है। फलस्वरूप नदी में नवोन्मेष के कारण उसने कटाव की क्षमता अधिक हो जाती है। इस कारण नदी अपनी घाटी को निम्न कटाव द्वारा गहरा करना आरम्भ कर देती है। यदि घाटी के गहरा होने की दर अर्थात् निम्न कटाव की दर तथा स्थलखण्ड के ऊपर उठने की दर बराबर हो तो नदी का तल वही होता है परन्तु उसके दोनों ओर के किनारे निरन्तर उठते रहते हैं, अतः घाटी की दीवारों की ऊँचाई अधिक होती जाती है जो कि एक निश्चित समय के बाद गार्ज का निर्माण करती है। परन्तु चित्र 224 (2) में यह स्थिति नहीं है। यहाँ पर उत्थान के साथ ही नदी का तल भी ऊँचा हो गया है। अतः यदि उत्थान की दर एवं निम्न कटाव की दर समान होगी तो नदी-तल ऊँचा ही रह जायेगा। ऐसी स्थिति में नदी उत्थान की दर से कुछ अधिक कटाव करती है



चित्र 224—पूर्ववर्ती प्रणाली के विकास की प्रथम, द्वितीय तथा तृतीय अवस्थाएँ।

ताकि वह उत्थान से पहले वाले तल एवं घाटी से होकर ही प्रवाहित हो। चित्र 224 (3) में नदी ने अपने निम्न कटाव द्वारा अपनी घाटी तथा प्रवाह-मार्ग (चित्र 1 की स्थिति) को प्राप्त कर लिया है। अर्थात् नदी अब पूर्ववर्ती (Antecedent) ("द" स्थान पर) नदी में अपनी घाटी को इतना गहरा कर रखा है कि गार्ज का निर्माण हो गया है, जिससे नदी-तल से उसके किनारे की दीवारें अत्यन्त ऊँची हैं। उपर्युक्त विवरण के आधार पर निष्कर्ष के रूप में यह कहा जा सकता है कि स्थलखण्ड के उत्थान होने पर भी अपने तल को पूर्ववर्ती बनाये रखने वाली जलधारा को पूर्ववर्ती कहते हैं तथा उसमें निर्मित घाटी को पूर्ववर्ती घाटी (Antecedent valley) कहते हैं। पूर्ववर्ती जलधारामें के सामूहिक क्रम को पूर्ववर्ती प्रवाह-प्रणाली कहा जाता है।

पूर्ववर्ती नदियों की सहायक नदियाँ भी होती हैं परन्तु ये उतनी तीव्रता से उठे स्थल खण्ड में निम्न कटाव

नहीं कर पाती है जितनी तीव्रता से मुग्न नदी निम्न कटाव करती है। परिणामस्वरूप मध्यम नदियों की घाटियाँ मुख्य नदी की घाटी में ऊपर उठ जाती हैं तथा इसमें लटकती हुई घाटी (Hanging valley) की तरह पगती हैं। यहाँ पर स्मरणीय है कि ये लटकती घाटियाँ, हिमानीयुक्त लटकती घाटियों से संबंध भिन्न होती हैं। पूर्ववर्ती नदियों के उदाहरण प्रायः हर पर्वतीय क्षेत्र में मिलते हैं। हिमालय पर्वत की काट कर आर-पार प्रवाहित होने वाली सिन्धु एवं ब्रह्मपुत्र नदियाँ निम्न ही पूर्ववर्ती जलधारा का उदाहरण प्रस्तुत करती हैं। हिमालय के उत्थान के पहले भी ये नदियाँ वर्तमान थीं। हिमालय के उत्थान के साथ ही साथ इन्होंने अपने निम्न कटाव द्वारा अपने प्राचीन मार्ग को अशीस्त किया न कि वर्तमान समय में ये तब घाटियों से होकर बहती हैं। सिन्धु नदी मिलगित के पास हिमालय की श्रेणियों को काटकर 17000 फीट गहरे मार्ग से होकर प्रवाहित होती है। यहाँ पर उल्लेखनीय है कि पूर्ववर्ती नदियों का सैद्धांतिक पक्ष पर तो आपत्ति नहीं है परन्तु प्रयोगिक पक्ष पर आपत्तियाँ अवश्य उठ जाती हैं। ये आपत्तियाँ मुख्य रूप से नदियों के पूर्ववर्ती होने की पहचान में सम्बन्धित हैं। उदाहरणार्थ सिन्धु नदी को भूगर्भवेत्ताओं का यदि एक वर्ग पूर्ववर्ती बताता है तो दूसरा वर्ग उसे अनुवर्ती बताने से नहीं झुकता है। इनका कहना है कि हिमालय के उत्थान के बाद उसके दक्षिणी ढालों पर अनुवर्ती नदियों का विकास हुआ होगा। तदन्तर नदियों ने शीर्ष कटाव द्वारा पीछे हटना प्रारम्भ कर दिया होगा। फलस्वरूप उनका जलविभाजक भी निरन्तर उत्तर की ओर पीछे (Backward shifting of divide) खिसकता गया। अन्त में दक्षिणी ढाल वाली अनुवर्ती नदियों ने हिमालय के उत्तरी ढाल पर बहने वाली सरिताओं का अपहरण कर लिया। फलस्वरूप इनका मार्ग हिमालय के आर-पार हो गया होगा। यद्यपि यह सम्भावना है, तथापि यह मत मान्य नहीं है। इनकी विषय व्याख्या इसी अध्याय में हिमालय की प्रवाह-प्रणाली नामक अध्याय में की गई है।

यही समस्या अप्लेशियन पर्वत की अनुप्रस्थ नदियों (Transverse streams) के विषय में भी उठती है। वहाँ पर ऐसी अनेक नदियाँ हैं जो कि या तो अप्लेशियन के पूर्वी ढाल से निकलकर उसे आर-पार काट कर पश्चिम दिशा में मिसोसिपी क्रम की ओर प्रवाहित होती हैं या अप्लेशियन के पश्चिम से निकलकर, उसे आर-

पार काटकर पूर्वी दिशा में आन्ध्र महासागर में गिरती हैं। ऐसी नदियाँ निश्चय ही पूर्ववर्ती जलधाराओं का उदाहरण प्रस्तुत करती हैं। परन्तु यहाँ पर तो विद्वानों में सर्वाधिक मतभेद है। इनके विचारों में इतना विभेद है कि क्रम से विद्वानों ने अप्लेशियन की अनुप्रस्थ नदियों को, अनुवर्ती, पूर्ववर्ती, पूर्वांशित (Superimposed) या सरिता अपहरण से उत्पन्न नदियाँ कह जाता है। उदाहरण के लिए मेमरहाफ-ओमस्टीड महोदय इन्हें अनुवर्ती नदियाँ बताते हैं, जानसन महोदय पूर्वांशित जलधारा और टामसन महोदय प्रणाली सरिता अपहरण से उत्पन्न नदी बताते हैं। इस तरह विवादों के गहन जाल में सुगम मार्ग का बनाना कठिन कार्य है। इन विद्वान्तों का विषय विवरण इसी अध्याय में अप्लेशियन की प्रवाह-प्रणाली नामक अध्याय में दिया गया है।

कोलम्बिया नदी (संयुक्त राज्य) का पूर्ववर्ती कहना अनुचित नहीं होगा क्योंकि इसने उठने हुए कास्केड पर्वत श्रेणी को काट कर अपना पुराना मार्ग वापस रखा है। ओग्डेन नदी (Ogden River) ने भी वास्तव पर्वत में उत्थान होने पर भी उस काट करके अपने मार्ग को पूर्ववर्त रखा है। संयुक्त राज्य की डोलोर नदी (Dolores River) पूर्ववर्ती नदी का एक सुन्दर उदाहरण प्रस्तुत करती है। सान जुआन पर्वत से निकलकर उत्तर-पश्चिम दिशा में डोलोर नदी ने पूर्वी ऊँचाई में कोलोरेडो नदी से सगम तक अपनी घाटी का विकास कर लिया था। तदन्तर डोनींग नदी के मार्ग के आर-पार पैराडॉक्स अपनति (Paradox valley Anticline) का उत्थान होने लगा परन्तु नदी ने अपना निम्न कटाव जारी रखा तथा अपने पुराने मार्ग को सुरक्षित कर लिया। म्यूनीलैण्ड में वायपारा (Wipara), हु-नुई (Hurunui) आदि नदियाँ पूर्ववर्ती जलधारा के उदाहरण हैं। कुछ ऐसी भी नदियाँ हैं जिन्हें पहले पूर्ववर्ती समझा जाता था परन्तु वर्तमान समय में अब वे पूर्वांशित जलधारा के रूप में स्वीकार की जाती हैं। उदाहरण के लिए यूनिता पर्वत (Unita mountain) की काट कर लाडोर कैनियन (Lador canyon) से होकर प्रवाहित होने वाली ग्रीन नदी (green river) को पहले पूर्ववर्ती माना गया था परन्तु इस समय उसे पूर्वांशित या अर्धारोपित माना जाता है। अरकन्सास नदी (सं० रा० अमेरिका) की भी अब पूर्वांशित ही माना जाता है।

रोबा पठार के दक्षिणी भाग में कैम्पूर श्रेणियों को काट कर उसके आर-पार बहने वाली सोन नदी को

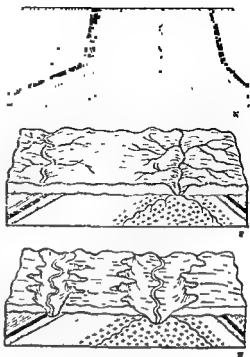
पहले पूर्ववर्ती कहा जाता था परन्तु वर्तमान समय में इतने स्पष्ट प्रमाण मिल चुके हैं कि इसे पूर्वरोपित प्रमाणित करने में कोई आशंका नहीं रह जाती है। इसकी व्याख्या पूर्वरोपित प्रवाह-प्रणाली के अन्तर्गत की गयी है।

### पूर्वरोपित प्रवाह-प्रणाली

#### (Superimposed Drainage Pattern)

पूर्ववर्ती जलधारा के समान ही पूर्वरोपित या अध्या-रोपित जलधारा अपने प्रवाह-रूप की संरचना के साथ समायोजित नहीं होती है अर्थात् वह स्थलखण्ड के ढाल का अनुसरण नहीं करती है। इसका तात्पर्य यह नहीं है कि दोनों जलधाराएँ समान उत्पत्ति वाली हैं। इनके विकास के इतिहास में पर्याप्त विभेद है, जिसका उल्लेख आगे किया जायेगा। यहाँ पर पहले पूर्वरोपित जलधारा के विकास का उल्लेख अन्तर को स्पष्ट करने में सहायक होगा। यह सर्वत्र आवश्यक नहीं है कि भूमिगत संरचना का ढाल या भूमिगत शैलों के स्तर का स्वभाव उसके ऊपर बिछे शैल आवरण के समान हो। प्रायः ऐसा होता है कि ऊपर का शैल-आवरण अपने नीचे स्थित शैल की संरचना से भिन्न होता है। सर्वप्रथम नदी की घाटी का निर्माण ऊपरी आवरण पर होता है। जब ऊपरी आवरण पर नदी की घाटी का विकास हो चुका होता है तो नदी निम्न कटाव द्वारा अपनी निमित्त घाटी का ही विस्तार एवं विकास निचली संरचना पर भी करती है, चाहे वह ऊपरी संरचना से भिन्न ही क्यों न हो। इस अवस्था में निचली संरचना को ऊपरी शैल-आवरण में निमित्त घाटी के आकार एवं स्वाभाव को स्वीकार करना ही पड़ता है, यद्यपि अगर विभिन्न स्वभाव वाली निचली संरचना ऊपर होती तो उसे अपनी इच्छानुसार चुनाव करने का अवसर मिल सकता था, परन्तु यहाँ पर उसके समझ कोई चुनाव का प्रश्न नहीं है। ऐसी अवस्था में ऊपरी आवरण वाली घाटी का निचली संरचना पर आरोपण कर दिया है। इस तरह की घाटी वाली जल-धारा को अध्यारोपित या पूर्वरोपित जलधारा कहा जाता है। इन जलधाराओं की घाटियाँ स्थानीय संरचना के विरुद्ध होती हैं। इन घाटियों को मात्र महोदय तथा पावेल महोदय ने 'Superimposed' की संज्ञा प्रदान की है जब कि मैकगो महोदय ने केवल 'Superposed' कहा है।

उदाहरण—1. पूर्वरोपित जलधारा एवं उसकी घाटी की उत्पत्ति को एक सरल उदाहरण लेकर समझा



चित्र 225—पूर्वरोपित (Superimposed) प्रवाह-प्रणाली के विकास की अवस्थाएँ।

जा सकता है। चित्र 225 में एक ऐसी संरचना वाला भाग है जिसके ऊपरी भाग पर परतदार शैल का आवरण है जो कि समानान्तर स्तर वाला है। उसके नीचे वाले भाग में वलित संरचना का एक अपनति वाला भाग है। सर्वप्रथम चित्र अ में नदी का आविर्भाव ऊपरी परतदार शैल के ऊपर होता है। नदी निम्न कटाव द्वारा अपनी घाटी का विकास ऊपरी परतदार भवह में पूर्णतया करती है, जैसा कि चित्र ब से स्पष्ट है। अब नदी की घाटी अपनति वाले भाग पर आ जाती है। यहाँ पर संरचना ऊपरी संरचना से सर्वथा भिन्न है, परन्तु नदी अपनी ऊपरी घाटी के अनुसार ही इस निचली अपनति पर निम्न कटाव करके अपनी घाटी का निर्माण करती है, जैसा कि चित्र स से स्पष्ट है। यहाँ पर नदी की घाटी के विकास में अपनति का कोई प्रभाव नहीं है। यदि यह अपनति स्थले के ऊपर रही होती तो घाटी का स्वरूप कुछ और ही रहा होता, परन्तु यहाँ पर चूँकि घाटी का विकास ऊपरी आवरण पर हो चुका है, अतः वैसे ही घाटी अपनति पर बनी है अर्थात् ऊपरी आवरण शैल वाली घाटी का आरोपण निचली अपनति पर दिया गया है।

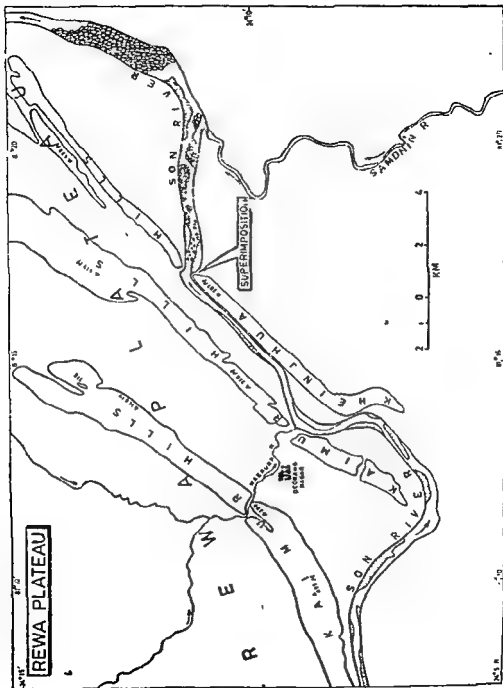
पूर्वरोपित एवं पूर्ववर्ती जलधाराओं में अन्तर यह होता है कि प्रथम अपनी ऊपरी सरचना में निमित्त घाटी का आरोपण निचली सरचना में करती है, चाहे बड़ा किसी प्रकार की सरचना क्यों न हो। इसमें उत्थान का समवेश नहीं किया जाता। दूसरी में सरचना का महत्त्व नहीं होता है, चरन् नदी के मार्ग में उत्थान होता है एवं नदी उत्थान के साथ गहरा कटाव करके अपने पूर्ववत् मार्ग का अनुसरण करती है। परन्तु अगर सूक्ष्म दृष्टि में देखा जाय तो यह अन्तर और सूक्ष्म हो जाता है। उदाहरण के लिए यदि किसी पेनीप्लेन पर जलोढ़ मिट्टी मागरीय मिट्टी की पतली परत बिछी है तथा यदि उस पर नदी का विकास होता है तो घाटी का निचली शैल पर आरोपण हो जाता है। यदि पेनीप्लेन का उत्थान हो जाता है तो नदियों में तबोभय आ जाता है एवं अपने निम्न कटाव द्वारा अपनी घाटी को पूर्ववत् बनाये रखती है सरचना चाहे जो हो। यहाँ पर पूर्ववर्ती तथा पूर्वरोपित में अन्तर स्पष्ट करना आवश्यक हो जाता है परन्तु यदि सूक्ष्मता से देखा जाय तो दोनों नदियों के सम्बन्ध में उत्थान का स्वभाव में अन्तर होता है। पूर्ववर्ती नदी के मार्ग में स्थानीय उत्थान होता है, जबकि पूर्वरोपित नदी के मार्ग में (यदि उसका आरोपण पेनीप्लेन पर होता है तो) प्रादेशिक उत्थान होता है क्योंकि पेनीप्लेन में प्रादेशिक उत्थान ही हुआ करता है। कनेक्टिकट नदी (U S A.) का निचला भाग जो कि मिडिल टाउन (Middle Town) से लग आइलैण्ड साउण्ड (Long Island Sound) के बीच है एक पूर्वरोपित घाटी का ही रूप है। यहाँ पर पहले नदी-घाटी का विनाश सटीय-मैदान के अवसाद पर हुआ था। तदनन्तर उसका आरोपण निचली सरचना पर भी हो गया। हूडसन नदी का मार्ज डेलवियर-वाटर गैप (Delaware Water Gap) इत्यादि पूर्वरोपण के ही उदाहरण हैं। ग्रेटब्रिटेन में नवीन चट्टानों के ऊपर निमित्त नदियों की घाटियों का कई स्थानों पर निचली पुरानी कठोर सरचना वाले भागों पर आरोपण हो गया है। ग्रेटब्रिटेन में लेक डिस्ट्रिक्ट में भी पूर्वरोपित प्रवाह-प्रणाली के उदाहरण मिलते हैं। किसी भी क्षेत्र में, इस प्रकार, पूर्वरोपित जलधाराओं के समूह एवं क्रम को पूर्वरोपित प्रवाह-प्रणाली कहा जाता है। इनकी दो प्रमुख पहचान है—1. घाटियों के ऊपर प्राथमिक आवरण शैल जिसके ऊपर सर्वप्रथम नदी की घाटी का विकास हुआ था, के अवशेष दिखाई पड़ते हैं, तथा 2

इन नदियों की घाटियाँ सरचना में विपरीत भी होती हैं या यों कहिये इनका सरचना में कोई सम्बन्ध नहीं होता। सिंहभूम क्षेत्र में स्वर्णरेखा नदी का अध्यारोपण डाल्मा एवं फाइलाइट उच्च भाग एवं थ्रेणियो के ऊपर हुआ है।

रौवा पठार के दक्षिणी भाग में कैमूर थ्रेणियो के आर-पार प्रवाहित होने वाली सोन नदी पूर्वरोपित नदी का प्रमुख उदाहरण है (चित्र 226, पृष्ठ 458)। सोन नदी पश्चिम में भूतान नदी के संगम ( $24^{\circ}5'$  उ० अक्षांश एवं  $81^{\circ}$  पू० देशान्तर) से उत्तर में स्थित कैमूर थ्रेणियो से सटकर  $81^{\circ} 10'$  पू० देशान्तर तक उ० पू० दिशा में उक्त थ्रेणियो के समानान्तर प्रवाहित होती है तथा  $81^{\circ} 10'$  पू० से  $81^{\circ} 15'$  पू० देशान्तर के बीच उक्त थ्रेणियो से दूर हट जाती है तथा मियाण्डर का निर्माण करती है। यह पुनः कैमूर थ्रेणियो के पास आ जाती है तथा देवसगढ़ के पास कैमूर को काटकर द०पू० दिशा की ओर मुड़ जाती है। पुनः बनास नदी के साथ संगम बनाने के बाद उत्तर दिशा की ओर मुड़ जाती है तथा कैमूर थ्रेणियो को काट कर अपना मार्ग बनाने के बाद पूर्व की ओर मुड़ जाती है निचली विष्णुयम क्रम की अवसादी चट्टानों के निर्माण के बाद रौवा पठार के इस दक्षिणी भाग में बलन तथा भ्रमण की क्रियाएँ हुईं तथा कैमूर थ्रेणियो का निर्माण हुआ। इनके बाद ऊपरी विष्णुयम क्रम की चट्टानों का निक्षेपण हुआ जिनमें न्यूनतम विक्षेपण हुआ है। कौटेलियस तथा प्रारम्भिक इयोसीन युग में इतने लावा प्रवाह के कारण कैमूर थ्रेणियो लावा के नीचे तिरोहित हो गयीं। इन नवीन सतह पर सोन नदी का विकास हुआ। सोन के शनै-शनै इस लावा को काट कर अपनी घाटी का निर्माण किया। बाद में कैमूर थ्रेणियो के ऊपर भी पूर्व निमित्त घाटी का अध्यारोपण हो गया। इस तरह सोन घाटी अध्यारोपित घाटी की ही उदाहरण है।

#### अपकेन्द्री प्रवाह प्रणाली (Radial or Centrifugal Drainage Pattern)

जब इस प्रकार की प्रणाली में नदियाँ एक स्थान में निकलकर चारों तरफ को प्रसारित होती हैं, अतः इस प्रकार की प्रवाह-प्रणाली को केन्द्र रेखा या अरीय (Radial) प्रवाह-क्रम भी कहा जा सकता है। इस तरह की प्रवाह-प्रणाली के विकास के लिए आवश्यक दशाएँ, मुख्यतः पर्वत या ज्वालामुखी शृङ्खला में मिलनी हैं, जहाँ पर ऊपरी केन्द्र में चारों तरफ का प्रायः समान ढाल



चित्र 226—अध्यारोपित सोन घाटी (रीवा पठार)

होता है। नदियाँ ऊपरी केन्द्र से निकलकर चारो दिशाओं की ओर प्रसारित होती हैं। यहाँ पर जलधारायें ढालो का अनुसरण करती हैं अतः मौलिक रूप में वे अनुवर्ती जलधारा (Consequent streams) ही होती हैं। इनका आकार वास्तव में पहिले के अरो या वृत्त के अर्द्धव्यासों के समान हुआ करता है। माउण्ट एटना, माउण्ट हूड, माउण्ट रेनियर आदि ज्वालामुखी पर्वतों एवं ऊटों के हेनरी पर्वत, फ्रांस के मध्य पठार आदि गुम्बदीय क्षेत्रों में अपकेन्द्रीय प्रवाह-प्रणाली विकसित है। श्री लंका की प्रवाह-प्रणाली भी अपकेन्द्रीय या केन्द्र त्यागी ही है।

रांची पठार के मध्यवर्ती उदित भाग में अपकेन्द्रीय प्रवाह-प्रणाली का जन्म दिया है, जहाँ पर नदियाँ शीर्ष-वर्ती अपरदन में व्यस्त हैं। रांची शहर में ३० व ५० दिशा में 13 से 16 किमी० की दूरी पर स्थित उत्थित भाग (162.5 मीटर), जिसे रांची पठार के प्रवाह-क्रम का नाभिक (nucleus) कहा जाता है, से ३० कोयल, स्वर्ण-रेखा काँची जारों आदि नदियाँ निकल कर बाहर की ओर प्रवाहित होती हैं। यह अपकेन्द्रीय या अरीय (radial) प्रवाह प्रणाली का खूबसूरत उदाहरण है। हजारी बाग पठार में उत्थित भाग, पारसमध्य पर्वत, पर्वत पहाड़ी तथा डाल्मा ज्वालामुखी पर्वत के ऊपर भी अपकेन्द्रीय प्रवाह प्रणाली का विकास हुआ है। निचली चम्बल बेसिन में रामगढ़ गुम्बद (450 मीटर) के वृत्ताकार स्वरूप के बाह्य किनारों में नदियाँ निकल कर नति (dip) के महारें सभी दिशाओं में प्रवाहित होकर अरीय प्रवाह प्रणाली का स्वरूप प्रस्तुत करते हैं।

हजारी बाग पठार के मोरचा पहाड़ तथा लुगु पहाड़ केन्द्र त्यागी प्रवाह प्रणाली के खूबसूरत उदाहरण हैं। राजस्थान का माउण्ट आबू भी अरीय प्रवाह-प्रणाली का अच्छा उदाहरण प्रस्तुत करता है। यदि बड़े क्षेत्रीय मापक पर देखा जाय तो रोहतास पठार (२० व ५० बिहार) केन्द्र त्यागी प्रवाह-क्रम का ही उदाहरण है। इसी तरह भाण्डर पठार भी केन्द्र त्यागी प्रवाह का उदाहरण है।

#### अभिकेन्द्रीय प्रवाह-प्रणाली

(Centripetal or Inland Drainage Pattern)

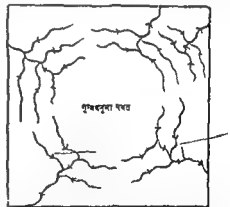
अभिकेन्द्रीय प्रवाह-प्रणाली, अपकेन्द्रीय प्रवाह प्रणाली का एकदम विपरीत होती है क्योंकि इस अवस्था में नदियाँ चारों तरफ से निकल कर एक केन्द्र की ओर आती हैं। फलस्वरूप इन्हें केन्द्रोन्मुख प्रवाह प्रणाली भी कहा जाता है। इस तरह की व्यवस्था में नदियाँ प्रायः एक झील या गड्ढे भाग में आकर गिरती हैं। उन

ज्वालामुखी शकुओं में, जिनमें कैंटर झील का आविर्भाव हो जाता है, केन्द्रोन्मुख प्रवाह-प्रणाली का विकास हो जाता है। इसमें ज्वालामुखी कैंटर की दीवारें ऊँची होती हैं और उनके बीच में निम्न भाग या गड्ढा होता है। फलस्वरूप चारों तरफ से नदियाँ उतर कर इस गड्ढे में गिरने लगती हैं। तिब्बत एवं लद्दाख क्षेत्र की जलधारायें अभिकेन्द्रीय प्रवाह प्रणाली का स्वरूप प्रस्तुत करती हैं। इन्हें अन्तर्देशीय-प्रवाह प्रणाली (Inland drainage) इसलिये कहा जाता है कि इनका सम्बन्ध सागर से नहीं हो पाता है।

निचली चम्बल बेसिन में रामगढ़ गुम्बद (450 मीटर) के शीर्ष पर गलें का निर्माण हुआ है। अतः किनारों के आन्तरिक किनारों में नदियाँ निकलकर गलें के केन्द्र की ओर प्रवाहित होकर अभिकेन्द्रीय प्रवाह-प्रणाली का जन्म देती हैं।

#### वलयवाकार प्रवाह प्रणाली (Annular Drainage Pattern)

वलयवाकार प्रवाह-प्रणाली को चक्राकार क्रम भी कहा जाता है क्योंकि इसमें जलधारायें एक वृत्त के आकार में फैली होती हैं। इस तरह की प्रवाह-प्रणाली



चित्र 227—वलयवाकार (Annular) प्रवाह-प्रणाली।

मुख्य रूप से प्रौढ़ एवं घटित गुम्बदीय पर्वतों में विकसित होती है। इन गुम्बदों पर नदियाँ उनकी परिक्रमा करती हुई प्रवाहित होती हैं। यदि गुम्बदनुमा पर्वत कठोर एवं मुलायम शैलों का बना है और यदि उसका पयास अनाच्छादन हो चुका है तो मुख्य अनुवर्ती नदियों की सहायक परवर्ती (Subsequent) नदियों का विकास इन मुलायम चट्टानों वाले भागों में गुम्बद के चारों तरफ परिधि के आकार में होता है। वलयवाकार प्रवाह-प्रणाली में प्रायः परवर्ती जलधारायें होती हैं, और

उनकी सहायक जलधाराओं का भी विकास हो जाता है, मुख्य रूप से नवानुवर्ती (Rescquent) तथा प्रत्यनुवर्ती (Obsequent) जलधाराएँ होती हैं। वास्तव में बलयाकार क्रम, जालीनुमा प्रवाह-क्रम का ही एक विशिष्ट रूप होता है। अन्तर केवल इतना ही है कि प्रथम में परवर्ती जलधाराएँ गुम्बद का चक्कर लगाकर प्रवाहित होती हैं तथा एक वृत्तनुमा या चक्राकार प्रवाह-प्रणाली का निर्माण करती हैं। इस प्रवाह-प्रणाली की जलधाराएँ संरचना के साथ समायोजित होती हैं। संयुक्त राज्य अमेरिका के ब्लैक हिल्स गुम्बद में पर्याप्त अनाच्छादन के बाद नदी Cheyenne एवं उसकी सहायक जलधाराओं ने चक्राकार प्रवाह-प्रणाली का विकास किया है। इंग्लैंड के वेल्ड (Weld) में भी नदियाँ ने अनाच्छादित गुम्बदों पर बलयाकार प्रणाली का विस्तार किया है। सोनपेत (Sonapat), के प्रोड, घणित गुम्बद के ऊपर बलयाकार प्रवाह-प्रणाली का विकास हुआ है, वहाँ पर झूठे तथा नोमल गैल की परतें एकान्तर रूप में बलयाकार रूप में पायी जाती हैं।

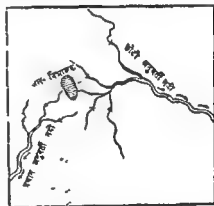
### कटकीय प्रवाह-प्रणाली (Barbed Drainage Pattern)

जब मुख्य नदी के ऊपरी भाग में ऐसी (कटकीय प्रवाह-प्रणाली की—Barbed Drainage Pattern) जलधाराएँ मिलती हैं जिनके प्रवाह की दिशा मुख्य नदी के विपरीत हुआ करती है तो इन सहायक नदियों द्वारा निमित्त प्रवाह-क्रम को कटकीय प्रवाह-प्रणाली कहा जाता है। इस तरह की प्रणाली का विकास प्रायः सरिता-अपहरण वाले क्षेत्रों में होता है। अपहरण की जाने वाली सरिता की सहायक नदियाँ होती हैं, जो कि मुख्य नदी की दिशा का अनुकरण करती हैं। इन नदियों की दिशा अपहरण करने वाली सरिता के प्रवाह-मार्ग की उल्टी होती है। जब मुख्य नदी दूसरी का अपहरण कर लेती है तो अपहृत नदी (Captured river) का जल मुख्य नदी से होकर बहने लगता है। परन्तु अपहृत नदी की सहायक नदियाँ, जो कि अब संगठित नदी (Integrated river) की सहायक हो गई हैं, अपनी पहली दिशा में ही प्रवाहित होती हैं। अतः इसकी प्रवाह दिशा, मुख्य नदी की प्रवाह-दिशा के विपरीत होती है। इस तरह की प्रवाह-प्रणाली को कटकीय प्रणाली कहा जाता है। सिन्धु नदी एवं ब्रह्मपुत्र नदियों के ऊपरी भाग में कई सहायक नदियाँ अपनी मुख्य नदी

की विपरीत दिशा में प्रवाहित होकर उपर्युक्त प्रणाली का उदाहरण प्रस्तुत करती हैं।

### अनिश्चित प्रवाह-प्रणाली (Indeterminate Drainage Pattern)

जब किसी स्थान विशेष पर नदियाँ एवं उनकी सहायक नदियाँ एक दूसरे से इतनी गुथी होती हैं कि उनके प्रवाह-मार्ग या प्रवाह-प्रणाली का निश्चय करना कठिन हो जाता है तो उस प्रणाली को अनिश्चित प्रवाह-क्रम या अटित प्रवाह या मिश्रित प्रवाह प्रणाली (Complicated or compound drainage) कहा जा सकता है। ऐसा प्रायः उन प्रदेशों में होता है जहाँ पर अनेक छोटी-छोटी झीलें पायी जाती हैं तथा ये जलधाराओं को एक दूसरे से इस प्रकार मिलाये रहती हैं कि किसी निश्चित क्रम, यहाँ तक कि मुख्य जलधारा (master stream) का पता लगाना कठिन हो जाता



चित्र 228—कटकीय प्रवाह-प्रणाली (Barbed drainage pattern) के विकास की प्रथम अवस्था।



चित्र 229—कटकीय प्रवाह प्रणाली के विकास की अन्तिम अवस्था।

है। फिनलेण्ड की प्रवाह-प्रणाली एक अनिश्चित प्रवाह-प्रणाली का सुन्दर उदाहरण है।

पोलीमीत (उत्तर प्रदेश) में गोमर झील क्षेत्र (कई झीलों तथा तालों—tanks—का समूह) में, जहाँ से गंगा नदी की सहायक गोमती नदी निकलती है अनिश्चित प्रवाह-प्रणाली देखने की मिलती है।

### आन्तराधिक प्रवाह प्रणाली

#### (Intermittent Drainage Pattern)

अद्विष्टक मध्यस्थलीय भागों में मौसमी जनधारणें उपर्युक्त प्रवाह-प्रणाली का रूप धारण करती हैं, क्योंकि जल की प्राप्ति वर्ष भर नहीं हो पाती है। इस प्रवाह-क्रम के अन्तर्गत उन जलधारणों को भी सम्मिलित किया जाता है जिनका जल बड़े समय के लिए पथरीनी एवं बड़े-बड़े ककड़ वाली भूमि में छिप जाता है या लुप्त हो जाता है तथा कुछ दूरी तय करने के बाद पुनः स्थल पर प्रकट होता है। हिमालय से निकलने वाली अधिकांश भारतीय नदियों का जल भारी प्रदेश में लुप्त या विक्षिप्त हो जाता है तथा तराई प्रदेश में पुनः दृष्टि-गोचर होता है। इस प्रवाह-प्रणाली को विशेषात्मक प्रवाह-प्रणाली भी कहा जाता है।

### भूमिगत प्रवाह-प्रणाली

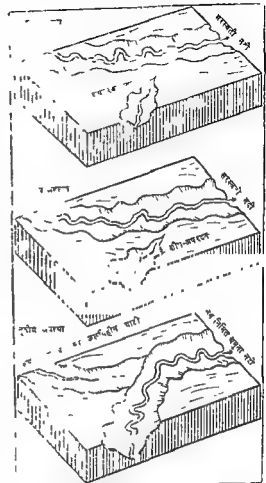
#### (Under Ground Drainage Pattern)

चूने की चट्टान वाले क्षेत्र में सतह का जल रिस कर भूमि के अन्दर चला जाता है जहाँ पर छोटे पैमाने पर मन्द गति से चलने वाली जलधारणों का विकास होता है, जिनसे अनेक प्रकार की स्थलाकृतियों का निर्माण होता है। युगोस्लाविया के कार्स्ट प्रदेश दक्षिणी फ्रांस में क्वि डिट्रिब्ट तथा इंग्लैंड के चर प्रदेश में भूमिगत प्रवाह-प्रणाली का विकास हुआ है।

### सरिता-अपहरण (River-Capture)

**सामान्य परिचय**—जब एक सरिता या उसकी सहायक नदी दूसरी या उसकी सहायक नदी के जल का अपहरण कर लेती है तो उम अवस्था को सरिता-अपहरण (River capture or piracy) कहा जाता है। अपहरण करने वाली नदी को अपहरण कर्ता (Captor stream) तथा जिसका अपहरण होता है उसे अपहृत सरिता (Captured stream) कहा जाता है। यद्यपि सरिता अपहरण की क्रियायें तक्षणवस्था में अधिक होती हैं तथापि प्रौढ़वस्था एवं वृद्धवस्था में भी सरिता-अपहरण के उदाहरण मिले हैं। सरिता-अपहरण की क्रिया में सखती तथा सत्रिय नदी, कमजोर एवं मन्द गति से

प्रवाहित होने वाली नदी के ऊपरी जलप्रवाह को हट्ट कर अपने में आत्मसात कर लेती है। चित्र 230 में सरस्वती नदी का अपहरण दर्शाया गया है।



चित्र 230—शीर्ष-अपरदन द्वारा सरिता-अपहरण, सरस्वती नदी का अपहरण।

अपहरण के लिए आवश्यक दशाएँ—प्रत्येक दशा में सरिता-अपहरण की क्रिया घटित नहीं होती है वरन् कुछ ऐसी विशेष आवश्यक परिस्थितियाँ होती हैं जिनके रहने पर ही अपहरण सम्भव हो पाता है। उदाहरण के लिये नदी की घाटी की गहराई, नदी के प्रवाह-भाग का ढाल, नदी में जल की मात्रा, सरचना का स्वभाव तथा नदी के अपरदन-चक्र की अवस्था। यदि किसी स्थान में दो नदियों में से एक की घाटी दूसरी की अपेक्षा अधिक गहरी है, उसमें जल की मात्रा अधिक है, ढाल भी तीव्र है तथा कमजोर एवं मुलायम चट्टानों में होकर प्रवाहित होती है तो निश्चय ही प्रथम नदी की धारा प्रखर होगी तथा उसके शीर्ष अपरदन की दर अधिक होगी। अतः



प्रथम नदी दूसरी नदी से बलवती होगी। फलस्वरूप वह दूसरे के जल का अपहरण कर लेगी। उपर्युक्त विवरण के आधार पर अपहरण कर्त्तृ नदी के लिए निम्न आवश्यक दशाओं का होना आवश्यक है—1. नदी का ढाल अत्यन्त तीव्र हो अर्थात् ढाल-प्रवणता अधिक हो। 2. घाटी की चौड़ाई कम हो अन्यथा अब दूर तक फैल जायेगा। 3. जल की मात्रा अधिक हो ताकि तीव्र ढाल के साथ प्रवाह-धारा तीव्र हो सके। 4. नदी कमजोर ढोल में होकर बह रही हो। 5. नदी की स्थिति अन्य की अपेक्षा नीची होनी चाहिये तथा 6. नदी की धारा में बाधा कम होना चाहिये ताकि अपरदन अबाध गति में चल सके।

**अपहरण के रूप (Forms of Capture)—**इतना तो निश्चित है कि अपरदन द्वारा नदियों का अपहरण होता है परन्तु यह अपरदन सर्वत्र एक ही रूप में नहीं हुआ करता है। नदियों द्वारा प्रायः शीर्ष अपरदन, निम्न अपरदन (Downward cutting or valley deepening) तथा भ्रंतिज अपरदन (Lateral erosion or valley widening) अधिक प्रमुख हैं। इनमें से प्रथम तथा अन्तिम अपरदन के रूप अपहरण में अधिक महत्त्वपूर्ण होते हैं। यदि सूक्ष्म दृष्टि से देखा जाय तो स्पष्ट हो जाता है कि शीर्ष अपरदन द्वारा अपहरण, नदी की तरणायस्था में होता है, जब कि भ्रंतिज अपरदन द्वारा अपहरण प्रौढावस्था में अधिक होता है। कभी-कभी नदियों के विमर्ष के मिल जाने पर एक सरिता का जल दूसरी में चला जाता है। स्पष्ट है कि इस तरह का अपहरण नदी की जीर्णायस्था में हो जाता है। यदि किसी स्थलखण्ड के ऊपरी भाग पर कोई सरिता प्रवाहित होती है तथा दूसरी निचले ढाल पर तो निचले ढाल वाली सरिता ऊपर स्थित नदी का अपहरण कर लेती है। यहाँ अब हम सरिता-अपहरण के तीन रूपों का अलग-अलग उल्लेख करेंगे।

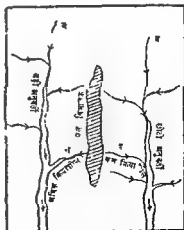
### शीर्ष-अपरदन द्वारा अपहरण

#### (Capture due to Headward Erosion)

अधिकांश सरिता-अपहरण नदी द्वारा शीर्ष अपरदन के कारण ही हुआ करते हैं। प्रत्येक नदी तथा उसकी सहायक शाखायें अपने शीर्ष की ओर अपरदन करती हैं। इस तरह जल-विभाजक सर्वत्र पीछे हटता जाता है। इसे जल-विभाजक का सरकना (Creeping) या चिसरकना (Shifting of divide) कहते हैं। जल-विभाजक की

ऊँचाई भिन्न-भिन्न हुआ करती है। यह उस स्थान के उच्चावच पर आधारित होता है। यदि हिमालय पर्वत अपनी नदियों के लिए अत्यधिक उच्च (चोटी तल) जल-विभाजक का कार्य करता है तो फिनलैण्ड में जल-विभाजक अत्यन्त कम ऊँचाई वाले होते हैं। जल-विभाजक के दोनों ढाल समान स्वभाव वाले नहीं होते हैं। यदि एक ढाल दूसरे की अपेक्षा अधिक तेज हो तथा वहाँ की चट्टानें कोमल हों, वर्षा अधिक होती हो और नदी का मार्ग (उद्गम से मुहाने तक की दूरी) छोटा हो तो इस ढाल पर निकलने वाली नदी या तल दूसरे ढाल वाली नदी की अपेक्षा नीचा होता है। परिणामस्वरूप प्रथम नदी की कटाव-शक्ति दूसरी की अपेक्षा अधिक होगी। निम्न तल वाली नदी शीर्ष की ओर अर्थात् जल-विभाजक की ओर अधिक कटाव करती है, जिससे जल-विभाजक पाँटे की ओर अर्थात् मन्द ढाल वाली दिशा की ओर गूँकने या खिसकने लगता है। एक स्थिति ऐसी आती है, जब प्रथम नदी का उद्गम स्थान दूसरी नदी के शीर्ष से मिल जाता है। चूँकि प्रथम नदी का तल द्वितीय की अपेक्षा नीचा होता है, अतः द्वितीय नदी का प्रथम नदी द्वारा अपहरण हो जाता है।

शीर्ष अपरदन द्वारा सरिता-अपहरण का एक उदाहरण द्वारा समझा जा सकता है। किसी नदीन उत्पत्ति या मुँहे हुए स्थल-खण्ड के ढाल पर अनुवर्ती नदियों का विकास होता है। इसमें एक सबसे बड़ी तथा सर्वाधिक



चित्र 231—सरिता-अपहरण की प्रथम अवस्था।

त्रियाक्षील सरिता होती है, जिसे प्रधान अनुवर्ती कहा जाता है। चित्र 231 में दो अनुवर्ती नदियों "अ" तथा "ब" की प्रदर्शित किया गया है। इनमें अ नदी सबसे



ही है। इसका उल्लेख "अप्लेशियन की प्रवाह-प्रणाली" शीर्षक के अन्तर्गत किया जा रहा है।

### क्षैतिज अपरदन द्वारा अपहरण (Capture due to Lateral Erosion)

शीर्ष-अपरदन द्वारा सरिता-अपहरण मुख्य रूप से नदी की तरणावस्था में होता है। प्रोढ़ावस्था में नदी की घाटी का चौड़ा होना, गहरा होना की अपेक्षा अधिक सक्रिय हो जाता है अर्थात् नदी द्वारा क्षैतिज अपरदन (Lateral erosion) निम्न कटाव की अपेक्षा अधिक होता है। यदि तटीय मैदान में परतदार संरचना वाले भाग में दो अनुवर्ती नदियाँ प्रवाहित होती हैं और एक नदी प्रमुख होती है, जिसमें जल की मात्रा तथा उसका ढाल दूसरी की अपेक्षा अधिक होता है तो प्रमुख नदी द्वारा क्षैतिज कटाव द्वारा उसकी घाटी का निरन्तर विस्तार होता जाता है। दूसरी नदी भी क्षैतिज अपरदन द्वारा अपनी घाटी को चौड़ा करती जाती है। एक समय ऐसा आता है, जब की दोनों नदियों की घाटियाँ एक दूसरे में मिल जाती हैं। परिणामस्वरूप प्रमुख नदी जो कि अधिक क्रियाशील एवं बलवती होती है, दूसरी नदी का अपहरण कर लेती है। इस तरह का अपहरण मुख्य रूप से समतल मैदानी भागों में होता है, जहाँ पर नदियाँ बल खाती हुई प्रवाहित होती हैं।

### नदी-विसर्प के प्रतिच्छेदन द्वारा अपहरण

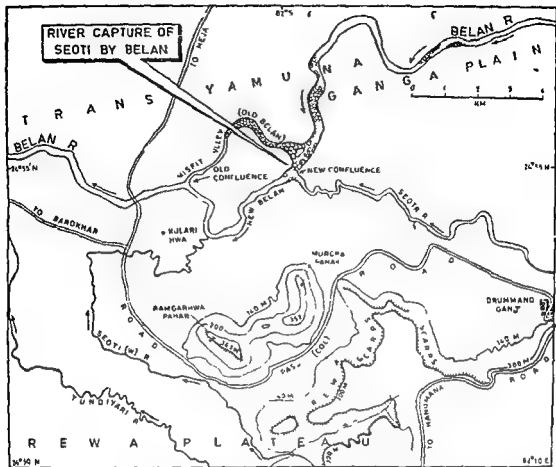
#### (Capture due to Inter-section of Meanders)

क्षैतिज अपरदन द्वारा अपहरण एवं नदियों के विसर्पों के प्रतिच्छेदन के कारण अपहरण प्रायः एक ही तरह होते हैं, क्योंकि क्षैतिज अपरदन दोनों में सक्रिय रहता है। नदी अपने निचले भाग में जीर्णावस्था में समतल-प्राय भूमि से होकर प्रवाहित होती है, जिस कारण उसमें विसर्प (meanders) का सृजन होता है। इस प्रकार नदियाँ मैदानी भागों में विसर्पों में बल खाती हुई चलती हैं, जैसे-जैसे ये जीर्णावस्था की ओर अग्रसर होती हैं। वैसे-वैसे विसर्पों का आकार बढ़ता जाता है। जब दो नदियों के विसर्प मिल जाते हैं तो उसे प्रतिच्छेदन (Intersection) कहा जाता है। उस प्रतिच्छेदन के कारण अधिक क्रियाशील एवं बलवती नदी दूसरी नदी के जल का अपहरण कर लेती है। बाढ़ के समय भी नदियों के मोड़ों के मिलने से अपहरण हो जाता है, क्योंकि बाढ़ के समय नदी की चौड़ाई बढ़ जाती है तथा एक समय ऐसा आता है कि दो नदियों के बाढ़ के मैदान मिल जाते हैं तथा बड़ी नदी छोटी नदी का अपहरण कर लेती है।

इस तरह के अपहरण का सर्वप्रथम उल्लेख ईसाया बोमन (Isaiah Bowman) ने किया था। इसका उदाहरण भी बोमन ने डिट्रॉइट के पास हुए सरिता-अपहरण में दिया है। डिट्रॉइट के कुछ मील पश्चिम ह्यूरोन नदी ने अपने विस्तृत विसर्प द्वारा ओक रन नदी (Oak Run) के मार्ग का अपहरण कर लिया। यहाँ पर अपहरण दो नदियों के विसर्पों के प्रतिच्छेदन द्वारा ही हुआ है। इस तरह के अपहरण को सरिता प्रतिच्छेदन का अपहरण (Capture of stream intersection) कहते हैं। संयुक्त राज्य अमेरिका की रेड नदी प्रायः मिसौरीपी नदी में मिलती है। परन्तु बाढ़ के समय अटेहाफाल्या नदी (Atchafalaya River) की विस्तृत घाटी, रेड नदी के कुछ जल का अपहरण कर लेती है। फलस्वरूप रेड नदी का अधिकांश जल अटेहाफाल्या से होकर मेक्सिको की खाड़ी में गिरता है परन्तु शेष समय में यह रेड नदी मिसौरीपी नदी में मिलती है।

उत्तर प्रदेश के इलाहाबाद जनपद में बेबघाट के पास बेलन नदी विसर्पों की क्रिया द्वारा अपनी सहायक सेवती नदी के निचले मार्ग का अपहरण करके उसी के मार्ग से प्रवाहित होती है। परिणामस्वरूप बेलन-सेवती का सगम अब पुराने सगम से लगभग 6 किमी० ऊपरी मार्ग की ओर हो गया है। (चित्र 233, पृष्ठ 465) तथा बेलन नदी की पुरानी घाटी अब बेमेल घाटी बन गयी है। अवसादी कारण के फलस्वरूप अब यह पतली जलधारा के रूप में रह गई है।

ऊपरी भाग पर बहने वाली नदी का अपहरण निचले ढाल पर बहने वाली सरिता द्वारा हो जाता है। इस तरह का उदाहरण संयुक्त राज्य अमेरिका के कॅट्सकिल्स पठार (Catskill Plateau) पर हुए सरिता-अपहरण से दिया जा सकता है। पठार के ऊपरी भाग पर शोहरो नदी (Schoharie) प्रवाहित होती है। इस पठार के पूर्वी किनारे (Scarp) पर काटरस्किल्स (Kaaterskill) नदी प्रवाहित होती है। पठार के शीर्ष एवं एस्कापेमेन्ट के निचले भाग के बीच 1500 फीट की ऊँचाई का अन्तर है। इस कारण काटरस्किल्स नदी ने शीर्ष-अपरदन द्वारा कई बार शोहरो नदी की कई सहायक नदियों का अपहरण कर लिया है। उत्तरी कैरोलिना के ब्लू रिज (Blue Ridge) के एस्कापेमेन्ट तथा अलेपनी फ्रण्ट (Allegheny Front) पर इस तरह के सरिता-अपहरण के उदाहरण मिलते हैं।



चित्र 233—बेलन नदी द्वारा सेवती नदी का अपहरण (विमर्षण की क्रिया तथा पार्श्ववर्ती अपरदन द्वारा)।

नदी-अपहरण का सरल उदाहरण यूरोप की म्यूस नदी (Muse) में प्राप्त होता है। इस नदी के पूर्व में मोसैल नदी (Moselle) में तथा पश्चिम में सीन (Seine) तथा उसकी सहायक नदियाँ न म्यूस की कई सहायक नदियों का अपहरण कर लिया है। हिमालय क्षेत्र में भी संगिता-अपहरण के कई उदाहरण मिलते हैं। ब्रह्मपुत्र नदी का वर्तमान रूप सरिता-अपहरण द्वारा ही प्राप्त हुआ है। अरुण नदी द्वारा सतत शीर्ष-अपरदन यह इंगित करना है कि निकट भविष्य में अरुण नदी ब्रह्मपुत्र नदी के कुछ जल को आत्मसात कर लेगी।

#### हिमालय की प्रवाह-प्रणाली का विकास (Evolution of Himalayan Drainage)

सामान्य परिचय—वर्तमान हिमालय क्षेत्र की प्रवाह-प्रणाली की अनुवर्ती प्रवाह-प्रणाली बताना न्यायोचित नहीं है, क्योंकि कई ऐसी नदियाँ हैं जो हिमालय के उत्तरी ढाल से निकल कर हिमालय की खेजियों को काट

कर अनुप्रम्य घाटियाँ (Transverse valleys) में होकर दक्षिणी ढाल से प्रवाहित होती हैं। इसमें यह भी निष्कर्ष नहीं निकाला जा सकता कि हिमालय की सभी नदियाँ हिमालय से पूर्व की अर्थात् पूर्ववर्ती (Antecedent) हैं। डा० छिन्नर व अनुसार हिमालय की वर्तमान नदियों को चार वर्गों में विभाजित किया जा सकता है। प्रथम वर्ग में—उन नदियों को सम्मिलित किया जाता है जिनका जाविर्भाव हिमालय के उत्थान के पूर्व ही हो गया था। इन नदियों को पूर्ववर्ती प्रवाह प्रणाली (Antecedent drainage pattern) के अंतर्गत रखा जा सकता है। इनमें प्रमुख हैं—सिन्धु, सतलज तथा ब्रह्मपुत्र। द्वितीय वर्ग में—बृहत् हिमालय अथवा आन्तरिक हिमालय में निम्नले वाली नदियों को सम्मिलित किया जाता है। इनमें प्रमुख हैं—गंगा, कासी, घाघरा, गंडक तथा तिस्ता। इनका जाविर्भाव मध्य भाषोत्तरी युग के बाद हिमालय के द्वितीय उत्थान के बाद हुआ माना जाता है।

इनमें से कुछ नदियों ने उद्गम की ओर कटाव (Headward erosion) करके हिमालय की प्रमुख श्रेणी को भी काट रखा है तथा इन्हें (काली, तिस्ता आदि) अनुवर्ती नदियों के अन्तर्गत रखा जाता है। तृतीय वर्ग में—सिन्धु हिमालय की नदियाँ आती हैं जिनमें प्रमुख हैं—व्यास, रावी, चिनाव तथा जेलम। चतुर्थ वर्ग में—शिवालिक श्रेणी से निकलने वाली नदियों जैसे हिडन तथा सोतानी को सम्मिलित किया जाता है। वारनस में हिमालय की वर्तमान प्रवाह-प्रणाली को दो वर्गों में रखा जा सकता है—प्रथम वर्ग में सिन्धु प्रवाह-क्रम आता है, जिसमें सिन्धु नदी अपनी सहायक नदियों (सेतल, चिनाव, रावी, व्यास तथा सतलज) के साथ पश्चिम की तरफ प्रवाहित होकर दक्षिण-पश्चिम दिशा में अरब सागर में मिल जाती है। द्वितीय वर्ग में गंगा-यमुना क्रम है, जिसमें गंगा नदी अपनी सहायक नदियों के साथ बंगाल की खाड़ी में गिरती है। इसी वर्ग के अन्तर्गत ब्रह्मपुत्र नदी मानसरोवर झील से निकलकर हिमालय के उत्तर में, आन्तरिक हिमालय के समानान्तर प्रवाहित होती हुई, पूर्व दिशा में चलकर, आसाम में पुन मुड़ कर पश्चिम तथा पुन दक्षिण की तरफ मुड़कर गंगा से मिलकर बंगाल की खाड़ी में समाप्त हो जाती है।

इन प्रकार हिमालय की प्रवाह-प्रणाली को दो वर्गों में विभाजित किया जाता है। प्रथम, अरब सागर में गिरने वाली नदियों का क्रम तथा द्वितीय, बंगाल की खाड़ी में समाप्त होने वाली नदियों का क्रम। इन प्रवाह-क्षेत्रों के बीच जल-विभाजक का कार्य अरावली पर्वत करता है। वास्तव में यह जल-विभाजक अरावली से लेकर जमला तक विस्तृत है। इतना ही नहीं यदि सूक्ष्म दृष्टि से अवलोकन किया जाय तो इन दो प्रवाह-प्रणालियों को अलग करने वाला जल-विभाजक एक भीमत्त क्षेत्र में होकर विस्तृत भाग में फैला है। वास्तविक जल-विभाजक मानसरोवर झील से प्रारम्भ होकर अरवली पर्वत में होता हुआ जमला के पूर्वी भाग में होकर, अरावली की पहाड़ियों की सम्मिलित करता हुआ उदयपुर तक फैला हुआ है। हिमालय की जो वर्तमान प्रवाह-प्रणाली है, वह सर्वत्र ऐसी ही नहीं रही है, अर्थात् ऐतिहासिक काल में वर्तमान प्रवाह-प्रणाली के प्रतिकूल दशा थी तथा वर्तमान प्रवाह-क्रम का विकास प्राचीन नदियों के मार्ग में पर्याप्त परिवर्तन तथा सरिता-अपहरण (River piracy or capture) के फलस्वरूप हुआ है। हिमालय की

प्रवाह-प्रणाली के विकास का वर्णन यहाँ पर ऐतिहासिक दृष्टिकोण से किया जायेगा।

हिमालय की पूर्ववर्ती प्रवाह-प्रणाली (Antecedent Drainage of the Himalayas)—यद्यपि कुछ विद्वानों ने हिमालय की प्रवाह-प्रणाली को अनुवर्ती (Consequent) बताया है, परन्तु यह तथ्य अब प्रमाणित हो चुका है कि इस क्षेत्र का मूल प्रवाह-क्रम पूर्ववर्ती या पूर्वगामी (Antecedent) ही है। अर्थात् अधिकांश नदियों का विकास हिमालय के आविर्भाव के पहले ही हो गया था। परन्तु इस तथ्य को भुलाया नहीं जा सकता कि कुछ नदियों का आविर्भाव हिमालय के उत्थान के बाद ही हुआ है। हिमालय की प्रवाह-प्रणाली के स्पष्टीकरण के लिए उसके प्रमुख जगों तथा विशेषताओं का उल्लेख करना आवश्यक सा जान पड़ता है। प्रथम, यह कि हिमालय की कई नदियाँ (सिन्धु, सतलज, गंडक, कात्ती, तिस्ता, ब्रह्मपुत्र आदि) हिमालय की तीनों श्रेणियों को बार-बार काट करके अनुप्रस्थ घाटियों (Transverse valleys) में होकर प्रवाहित होती हैं। इनके मार्ग में ध्यान देने योग्य बातें हैं—सर्वप्रथम ये नदियाँ हिमालय के उत्तरी ढाल से दूर उत्तर में निकलती हैं तथा कुछ दूरी तक हिमालय के समानान्तर अनुदैर्घ्य घाटियों (Longitudinal valleys) से होकर प्रवाहित होती हैं। पुन उनके मार्ग में अचानक परिवर्तन होता है, जिस कारण ये एकाएक मुड़कर हिमालय की श्रेणियों को अनुप्रस्थ या आड़े दिशा में काटकर लग एव गहरी घाटियों में होकर प्रवाहित होती हैं तथा मैदानी भागों में उतर आती हैं। इन तथ्यों के आधार पर अनुवर्ती प्रवाह क्रम की विचारधारा अमग्न प्रतीत होती है तथा कई विद्वानों ने हिमालय की प्रवाह-प्रणाली की पूर्ववर्ती विचारधारा का समर्थन किया है। सन् 1919 ई० में पैस्को तथा पिलग्रिम विद्वानों ने अपने स्वतन्त्र मतों का प्रतिपादन किया। इनका उल्लेख आगे किया जायेगा।

अब समस्या यह उठती है कि इन नदियों ने हिमालय के उत्थान के बावजूद भी किस प्रकार अपने पहले वाले मार्ग को सुरक्षित रखा? इस प्रश्न के उत्तर में भूगर्भवेत्ताओं का मत है कि हिमालय के निर्माण के पहले कुछ नदियों ने अपनी घाटियों का निर्माण कर लिया था। हिमालय के उत्थान के समय इन नदियों ने अपने अपरदनात्मक कार्य द्वारा पर्वत श्रेणियों को वाटना प्रारम्भ कर दिया तथा अपने मार्ग को सुरक्षित रखने में

तत्पर ही चला। पर यहा परस्मरणीय है कि हिमालय का उत्थान तथा निर्माण अचानक तथा एक बार मे ही नही हो गया वरन् पर्वत निर्माण की क्रिया अत्यन्त मन्द गति से चल रही थी, जिस कारण हिमालय का निर्माण तीन विभिन्न अवस्थाओं मे हुआ है। इस प्रकार हिमालय धीरे-धीरे ऊपर उठता रहा। तथा नदियाँ उभी गति मे अपनी घाटी मे कटाव करती रहीं। यदि इस बीच उत्थान की क्रिया तीव्र तथा अचानक हुई होती तो सम्भव था कि नदियों का मार्ग अवरोध हो गया होता जैसा कि पोटोचर व अचानक ऊपर उठने से शिवालिक नदी व मार्ग मे परिवर्तन हुआ था। इस भाग के ऊपर उठन से शिवालिक नदी का मार्ग बदल कर दो क्रमो मे विभक्त हो गया। परन्तु इसके विपरीत हिमालय व उत्थान की क्रिया इतनी तेज तथा मजिद नही रही कि नदियों के मार्ग मे अवरोध होन ग उनमे परिवर्तन हो जाता। यहाँ पर एक बात और उल्लेखनीय है कि हिमालय का उत्थान नदियों के उद्गम वाले स्थान पर हुआ था, जिस कारण उनकी कटाव गति मे पर्याप्त वृद्धि हो गई थी। फलस्वरूप नदियों ने उत्थान की गति की अपेक्षा अपनी घाटी का नीचे की ओर कटाव तीव्र गति से करना प्रारम्भ कर दिया। इस क्रिया व कारण नदियों ने पर्वत श्रेणियों के चार पार गहरी V आकार की घाटी तथा अनुप्रस्थ मार्ग (Transverse gorge) का निर्माण कर लिया। इन्दी तग घाटियों से होकर हिमालय की पूर्ववर्ती नदियाँ वर्तमान समय मे प्रवाहित होती है। इसी प्रकार हिमालय की श्रेणियों के अनुप्रस्थ दिशा मे स्थित तग घाटियों तथा गार्ज (17000 फीट की गहराई तक) इस बात के प्रमाण है कि हिमालय की प्रमुख नदियाँ निश्चय ही पूर्ववर्ती प्रवाह प्रणाली के उदाहरण है, जिनका आविर्भाव हिमालय के निर्माण के पहले ही हो चुका था। यदि हिमालय की उन अनुप्रस्थ तग घाटियों (Transverse gorges), जिसे होकर प्रमुख नदियाँ प्रवाहित होती है, का अध्ययन किया जाय तो स्पष्ट हो जाता है कि ये आस-पाम की पहाड़ियों से हजारों फीट गहरी है, जिनके किनारे खड़े ढाल वाले है।

**पूर्ववर्ती नदियों की तग घाटियाँ (Deep Gorges of Antecedent Rivers)**—ऊपर यह कई बार बताया जा चुका है कि हिमालय की श्रेणियों को पार करके प्रवाहित होने वाली नदियाँ सकरी तथा तग घाटियों (Gorges) से होकर अपना मार्ग बनाती है। इन तग घाटियों मे सर्वप्रमुख सिन्धु नदी की घाटी है जो निम्नलिखित

के पाम हिमालय की श्रेणियों को काट कर 17000 फीट गहरी घाटी से होकर बहती है। इस घाटी मे दोनो किनारों की दीवालें अत्यन्त तीव्र ढाल वाली है। इस बात के कि सिन्धु नदी प्रारम्भिक समय मे इतनी गहरी घाटी से प्रवाहित नही होती थी, कई प्रमाण मिलते है। उदाहरण के लिए इस तग घाटी मे वर्तमान नदी-तल (Bed of river) से ऊपर जाने पर कई नदी बेदिकायें (River terraces) मिलती है जिनमे बजरी (Gravel) तथा रेत व अमाव मिलते है। इसमे यह प्रमाणित होता है कि पर्वत के उत्थान के साथ ही साथ नदी ने अपना गहरा कटाव जारी रखा। इस प्रकार क्रमिक उत्थान (Successive upheaval) तथा क्रमिक कटाव के कारण क्रमिक नदी बेदिकायें तथा नदी तल के क्रमानुसार कई तल मिलते है। जब हिमालय का प्रारम्भिक उत्थान हुआ होगा तो नदी का तल भी ऊपर उठ गया होगा तथा नदी का सबसे ऊपरी तल, ऊपरी भाग पर स्थापित हुआ होगा। परन्तु नदी ने अपन पुराने मार्ग को सुरक्षित रखने के लिए उचित भाग का गहरा कटाव किया होगा, तथा अपनी पूर्ववर्ती घाटी को प्राप्त कर लिया होगा। इसके बाद हिमालय का द्वितीय उत्थान हुआ होगा जिस कारण पुन नदी अपने तल के साथ ऊपर उठ गई होगी तथा नदी के द्वितीय तल का निर्माण हुआ होगा। पुन नदी ने अपने मार्ग मे उचित भाग को काटकर अपना पुराना मार्ग अपना लिया होगा। इसी प्रकार तृतीय उत्थान के बाद नदी ने कटाव करके अपनी वर्तमान घाटी का, जो कि 17000 फीट गहरी है निर्माण कर लिया होगा। इसी प्रकार की तग घाटियों के उदाहरण सतलुज, राडक, कोसी, अलकनन्दा, काशी, तिस्ता आदि नदियों की घाटियों मे भी मिलते है। इन घाटियों की औसत गहराई 6000 से 12000 फीट तक तथा चौड़ाई 6 से 18 मील तक मिलती है। कोसी की सहायक अरुण नदी तिब्बत के उच्च भाग से निकलकर हिमालय की तीनों श्रेणियों को पार करके अनुप्रस्थ तग घाटियों से प्रवाहित होती है।

हिमालय की तग घाटियों के निर्माण के विषय मे विद्वानों ने कई मत प्रस्तुत किये है, यद्यपि यह अधिक विश्वासजनक लगता है कि इन तग घाटियों का निर्माण नदियों द्वारा निम्न कटाव (Downward cutting) द्वारा हुआ होगा, परन्तु कुछ विद्वान इस मत से सहमत नही है तथा उन्होंने परस्पर विरोधी मतों का उल्लेख किया है। इन मतों का सशिष्ट आलोचनात्मक विश्ले-

पण करना आवश्यक जान पड़ता है। 1. विद्वानों के एक वर्ग द्वारा यह प्रतिपादित किया गया है कि हिमालय के निर्माण के समय कई अनुप्रस्थ दरारों (Transverse fissures) तथा भ्रंशण (Transverse faults) का निर्माण हो गया था। तदनन्तर जल के कार्य द्वारा इन दरारों का विस्तार हो गया तथा नदियों ने इन्हें अंगीकृत करके अपना मार्ग इन्हीं विस्तृत दरारों से होकर कर लिया। 2. दूसरी विचारधारा के अनुसार हिमालय के उत्थान के कारण पहले प्रवाहित होने वाली नदियों के मार्ग में अवरोध हो गया, जिस कारण इनका जल अवरुद्ध होकर झीलों में बदल गया। इन झीलों के जल ने ऊपर प्रवाहित होकर, कटाव द्वारा तंग घाटियों का निर्माण कर लिया। इस मत के विपरीत सबसे बड़ी कठिनाई यह उपस्थित हो जाती है कि हिमालय की प्रमुख नदियों के उद्गम वाले स्थान पर झीलकृत निक्षेप (Lacustrine deposits) नहीं मिलते हैं। 3. डा० बाडिया के अनुसार कम से कम छोटी-छोटी नदियों की तंग घाटियों का निर्माण नदियों द्वारा पीछे की ओर कटाव होने से अवश्य हुआ होगा। इस प्रकार नदियों ने अपने उद्गम की ओर कटाव (Headward erosion) द्वारा पीछे उड़ना प्रारम्भ किया जिनमें उनका जलविभाजक गर्त-गर्त पीछे अर्थात् उत्तर की ओर खिसकता गया तथा तंग घाटियों का निर्माण हो गया। यदि हिमालय की प्रमुख नदियों, सिन्धु, सतलज, भागीरथी, अलकनन्दा, काली, कान्हाली, गडक, कोसी तिस्ता तथा सहायबुख के भागों का अध्ययन किया जाय तो यह स्पष्ट हो जाता है कि इनका उद्गम-स्थान हिमालय के उत्तर तिब्बत वाले उत्तरी ढाल से प्रारम्भ होता है। इस प्रकार इन नदियों का जलविभाजक आन्तरिक हिमालय का उच्चतम भाग न होकर इसके और अधिक उत्तर वाला भाग है। यहाँ से निकलकर नदियाँ कुछ दूर तक हिमालय के समानान्तर प्रवाहित होती हैं तथा अचानक मुड़ कर हिमालय को काटकर मैदान में आ जाती हैं।

नदियों के मार्ग में परिवर्तन—ऊपर अब तक जो कुछ बताया गया है वह हिमालय की वर्तमान प्रवाह-प्रणाली की ही विशेषार्थ है। परन्तु इसका तात्पर्य यह नहीं लगाया जा सकता कि हिमालय की वर्तमान प्रवाह-प्रणाली भूगर्भिक इतिहास में भी इसी प्रकार थी। इसके विपरीत टर्शियरी युग के अन्त में उत्तरी भारत की प्रवाह-प्रणाली वर्तमान समय से एकदम भिन्न थी। उस समय वर्तमान गंगा-यमुना क्रम अपने वास्तविक रूप में नहीं था। टर्शियरी युग के अन्त में ही हिमालय की नदियों के

मार्ग में पर्याप्त परिवर्तन हुए तथा क्रमिक सरिता-अप-हरण (River piracy) तथा उनके मार्ग में परिवर्तन के फलस्वरूप वर्तमान प्रवाह-क्रम का विकास हो गया है। पैरको तथा पिलग्रिम विद्वानों के मत मगहनीय हैं।

हिमालय की नदियों के विकास तथा उनके मार्ग परिवर्तन के सम्बन्ध में पिलग्रिम तथा पैरको प्रभृति विद्वानों ने सन् 1919 ई० में अपने स्वतन्त्र विचारों का प्रतिपादन किया। इन विद्वानों के अनुसार हिमालय की थैलियों के निर्माण के बाद टेथीज का जल सकुचित हो गया तथा यह भाग उत्तरी-पूर्वी आसाम तक फैला हुआ था। हिमालय के द्वितीय उत्थान के बाद टेथीज सागर सकुचित होकर हिमालय के दक्षिण में उसके समानान्तर एक सकरी नदी के रूप में बदल गया। इस नदी का नामकरण पैरको ने इण्डोब्रह्मा नदी तथा पिलग्रिम ने शिवालिक नदी किया है। यह शिवालिक नदी आसाम के उत्तर-पूर्व में निकलकर उत्तर में उठने हुए हिमालय तथा दक्षिण में गोंडवानालैण्ड (प्रायद्वीपीय भारत) के मध्य में होकर उत्तर-पश्चिम दिशा में प्रवाहित हो रही थी। सुलेमान तथा किरधर के सहारे नदी दक्षिण-पश्चिम दिशा में मुड़कर अरब सागर में गिर जाती थी। यहाँ पर उत्प्रेक्षनीय है कि पैरको तथा पिलग्रिम ने इण्डोब्रह्मा नदी तथा सुलेमान किरधर के बीच किसी सम्बन्ध का विवरण उपस्थित नहीं किया है। इन विद्वानों के अनुसार शिवालिक नदी, सिन्धु नदी से होकर अथवा उसके पश्चिम में होकर प्रवाहित होती थी। इसी प्रकार इसका मार्ग गंगा-यमुना क्षेत्र में वर्तमान गंगा के मार्ग से उत्तर की ओर था। अरब सागर का वह भाग, जिसमें कि शिवालिक नदी गिरती थी, सिन्धु की खाड़ी के नाम से विख्यात था। प्रारम्भ में इसका विस्तार नैनीताल तथा गढ़वाल एवं कुमायूँ तक था क्योंकि शिवालिक के प्रारम्भिक डेल्टा-जमाव के प्रमाण नैनीताल के पान मित्र हैं। चूँकि सिन्धु की खाड़ी भी सागर के निम्नतर पीछे हटते जाने से सरक रही थी, इसलिये शिवालिक का डेल्टा भी आगे बढ़ता गया। यही कारण है कि शिवालिक के क्रमिक डेल्टा के जमाव के लक्षण नैनीताल, सोलोन, मुजफ्फराबाद, अटक तथा सिन्धु में मिले हैं। उस प्रकार शिवालिक नदी मार्ग, पर्वत-निर्माण तथा सागर में संकुचन तथा पीछे हटने (निवर्तन Retreat) की क्रिया द्वारा निर्धारित होता रहा। द्योसोन युग में सिन्धु नदी का निचला भाग सिन्धु की खाड़ी (Gulf of Sind) द्वारा आवृत था।

पैस्को के अनुसार उस समय गोडवानालैंड अरावली से लेकर ऊपरी आसाम तक क्रमवद्ध (Continuous) रूप में विस्तृत था। पिलग्रिम महोदय ने बताया है कि उस समय तक प्रायद्वीपीय भाग का विस्तार बंगाल की खाड़ी के अधिक भाग पर था। इस प्रकार शिवालिक नदी अपनी सहायक नदियों (हिमालय से आने वाली) के साथ पूर्व में पश्चिम दिशा में प्रवाहित हो रही थी। पिलग्रिम के अनुसार भूहलचल के कारण पोटावर का भाग ऊपर उठ गया, जिस कारण शिवालिक नदी के मार्ग में व्यतिक्रम उत्पन्न हो गया। शिवालिक का पश्चिमी भाग सिन्धु-तंत्र (Indus System) तथा पूर्वी भाग गंगा-ब्रह्म-पुत्र तंत्र में बदल गया। पहला क्रम अरब सागर तथा दूसरा क्रम बंगाल की खाड़ी में समाप्त होने लगा। शिवालिक नदी का मार्ग का यह व्यतिक्रम या उल्टा क्रम (Reversal) तथा सिन्धु एवं गंगा तंत्रों का विकास क्रमिक सरिता अपहरण (Successive river capture) के कारण सम्पन्न हुआ है। शिवालिक नदी के मार्ग परिवर्तन में सहायक कारणों के विषय में पैस्को तथा पिलग्रिम एकमत नहीं हैं। पैस्को के अनुसार नदी के मार्ग का उल्टा होना एक मात्र नदियों द्वारा उद्गम की ओर कटाव तथा सरिता अपहरण द्वारा हुआ है। पोटावर (Potawar) का उत्थान इस विषय में कम महत्वपूर्ण रहा है। पिलग्रिम के अनुसार शिवालिक के मार्ग का व्यतिक्रम (Reversal) भूहलचल द्वारा स्थल से उभार होने तथा उद्गम की ओर कटाव, दोनों क्रियाओं द्वारा हुआ है। राजमहल-सिलांग जल-विभाजक में निकलने वाली नदियों ने पीछे की ओर कटाव करके शिवालिक का अपहरण कर लिया तथा उत्तर-पश्चिम में स्थल के उभार के कारण पूर्व की ओर ढाल हो जाने से पोटावर ने पूर्व का शिवालिक वाला भाग पूर्व दिशा में परिवर्तित होकर बंगाल की खाड़ी में गिरने लगा। यदि यहाँ पर बंगाल की खाड़ी के भाग (जहाँ पर पठारी भाग का आवरण था) का अवतलन मान लिया जाय (यद्यपि पिलग्रिम ने इसका उल्लेख नहीं किया है) तो इस अवतलन के कारण राजमहल-सिलांग जल-विभाजक से आने वाली नदियों में नवोन्मेष हो जाता जिस कारण उनकी पीछे की ओर कटाव-शक्ति अधिक हो जाती तथा शिवालिक नदी का मार्ग अपहरण के बाद आसानी से परिवर्तित हो जाता। पोटावर के पूर्व का शिवालिक नदी का भाग गंगा नदी में बदल गया। पोटावर के पश्चिम में पंजाब की नदियों ने शिवालिक का अपहरण कर

लिया तथा शिवालिक नदी सिन्धु तथा उसकी सहायक नदियों के रूप में बदल गई। पूर्वी भाग में राजमहल-सिलांग जल-विभाजक क्षेत्र में विभंजन हो गया, जिस कारण गंगा-ब्रह्मपुत्र नदियाँ, बंगाल की खाड़ी में गिरने लगी। यहाँ पर यह स्मरणीय है कि कुछ विद्वान गंगा का बंगाल की खाड़ी में गिरना, राजमहल जल-विभाजक से निकलने वाली नदियों द्वारा उद्गम की ओर कटाव करने से सरिता अपहरण द्वारा मानते हैं। इस प्रकार गंगा नदी के बंगाल की ओर परिवर्तित होने के कारण उसमें नवोन्मेष (Rejuvenation) हो गया। अतः पश्चिम की तरफ शीर्ष भाग वाली सक्रिय नदियों ने यमुना-घाघरा क्षेत्र में शिवालिक नदी के उत्तरी किनारे वाली सहायक नदियों का अपहरण कर लिया। मगधे अन्त में यमुना नदी का (जो कि प्रारम्भ में पश्चिम की ओर राजपूताना से होकर प्रवाहित होती थी, जिसके प्रमाण वर्तमान घाघरा नदी की शुष्क घाटी से मिलता है) का अपहरण हो गया तथा यह गंगा से मिलकर बहने लगी। इसी प्रकार प्रारम्भ में मतलज नदी एक स्वतन्त्र नदी के रूप में घाघरा से मिलकर कच्छ की खाड़ी में मिलती थी परन्तु बाद में इसका भी अपहरण हो गया तथा व्याम में मिलने पर ये दोनों नदियाँ चिनाब में मिलकर सिन्धु में प्रवाहित होती हैं।

पैस्को महोदय ने एक और उद्देश्य नदी का उल्लेख किया है जो कि तिब्बत नदी के नाम से हिमालय के उत्तर में इण्डोनेशिया (शिवालिक) में समाप्त हो पूर्व में पश्चिम दिशा में प्रवाहित होती थी। इस प्रकार पैस्को महोदय ने हिमालय के दोनों ओर पश्चिम वाहिनी दो नदियों का उल्लेख किया है। इनके अनुसार तिब्बत नदी या तो ओरिसस तक जाती थी या इसका प्रवाह मैदानी भाग में था। पैस्को ने अनुसार तिब्बत नदी का मैदान की ओर प्रवाह फोंडू दर्रा, चानोसी नदी, ऊपरी मतलज अथवा ऊपरी सिन्धु नदी द्वारा रहा होगा। पैस्को ने पुनः बताया कि मौलिक तिब्बत नदी का ईरावडी-टिब्बतिन द्वारा, मेघना नदी द्वारा, कान्ही, गडक, मतलज एवं सिन्धु नदी द्वारा विभजन हो गया अर्थात् उपर्युक्त नदियों ने तिब्बत नदी का स्थान-स्थान पर अपहरण कर लिया। ब्रह्मपुत्र नदी के विकास के विषय में कहा जा सकता है कि शिवालिक नदी के उत्तरी-पूर्वी भाग का अपहरण कर लिया। इस प्रकार मानसरोवर के पूर्व वाला भाग साँपू ब्रह्मपुत्र के रूप में हो गया तथा उसके (मानसरोवर)



पश्चिम का भाग सतलज तथा सिन्ध नदी में सम्मिलित हो गया। कुछ विद्वानों ने इस मत के विपरीत पूर्व दिशा में प्रवाहित होने वाली तिब्बत नदी का उल्लेख किया है। परन्तु हिमालय के दो किनारों पर विपरीत दिशा में प्रवाहित होने वाली नदियों के विषय में कई आपत्तियाँ आ जाती हैं। इस विषय पर विवाद का समाधान तब तक नहीं हो सकता, जब तक विश्वासजनक प्रमाणों की उपलब्धि नहीं हो जाती।

उपर्युक्त विवेचन से पंजाब की पंच नदियों के विनाश पर पूरा प्रकाश नहीं पड़ता है। श्रेतम चिनाब, व्यास तथा सतलज नदियों के पंजाब वाले भाग का पूर्ण विनाश शिवालिक श्रेणी के निर्माण तथा सिन्धु एवं गंगा के सम्बन्ध विच्छेद (पोटावर के पाम स्थानीय उभार) होने के बाद हुआ है। पोटावर पठार के स्थान के कारण दक्षिणी पंजाब की नदियों में नवीनोप प्रारम्भ हो गया, जिस कारण इनकी शीर्ष की तरफ कटाव (Headward erosion) की शक्ति प्रबल हो गयी। फलस्वरूप इन नदियों ने पोटावर से पश्चिम की ओर प्रवाहित होने वाली शिवालिक नदी के भाग का धीरे-धीरे अपहरण कर लिया। तदन्तर इन नदियों के शीर्ष जल (Headwaters) ने हिमालय से आने वाली छोटी-छोटी जल-धाराओं का अपहरण करके उन्हें अपने में मिला लिया। इस प्रकार आकार में इन नदियों का विस्तार होता गया तथा अन्त में पंजाब की वर्तमान पाँच नदियों का आविर्भाव हो गया। इनमें से कुछ नदियों ने शीर्ष की ओर निरन्तर कटाव करते हुए हिमालय की आन्तरिक श्रेणी की भी पार कर लिया। सतलज इसका प्रमुख उदाहरण है, जो कि कंलाश श्रेणी की मानसरोवर झील में निकलती है। यदि सतलज के इस शीर्ष कटाव परिदृश्यता पर विश्वास किया जाय तो उसे एक पूर्ववर्ती नदी मानने में कठिनाई उपस्थित हो जाती है। डेविस महोदय के अनुसार सतलज नदी महान् हिमालय की नदियों में सबसे नवीन है। वास्तव में सतलज नदी अब भी एक भूगर्भिक समस्या बनी हुई है।

नदियों के मार्ग में नवीन परिवर्तन (Recent Changes in the River System)—नदियों के मार्ग में प्रारम्भिक महान परिवर्तन के बाद भी शनैः-शनैः परिवर्तन होता रहा तथा वर्तमान समय में भी परिवर्तन के कुछ आसार नजर आ रहे हैं। लगभग 200 वर्ष पहले गङ्गा तथा ब्रह्मपुत्र नदियाँ एक दूसरे से 150 मील की दूरी पर अलग-अलग प्रवाहित होती थीं। उस समय ब्रह्मपुत्र

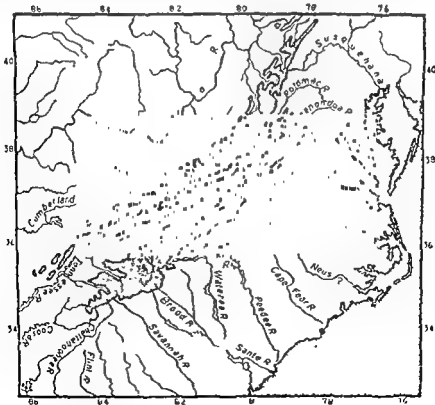
नदी बंगला देश से मेघना नदी में हाकर मधुपुर के जगल के पूर्व से होकर प्रवाहित होती थी परन्तु भू-टलचर के कारण उत्पन्न भू-गर्भिक परिवर्तन के फलस्वरूप मधुपुर के जगल 100 फीट ऊपर उठ गये तथा ब्रह्मपुत्र का मार्ग इस जगल के पश्चिम से हो गया। ब्रह्मपुत्र नदी का वर्तमान रूप सरिता अपहरण के द्वारा ही प्राप्त हुआ है। ब्रह्मपुत्र की सहायक नदी आज से 200 वर्ष पूर्व गङ्गा की सहायक नदी थी परन्तु सरिता-अपहरण के कारण इस नदी ने अपना पुराना मार्ग त्याग दिया है तथा अब यह पूर्व में ब्रह्मपुत्र नदी से मिलती है। तिस्टा तथा अरुण नदियों ने शीर्ष-कटाव करके कई अपहरण किये हैं। अरुण नदी के उत्तर की ओर सतत कटाव से यह प्रतीत होता है कि निकट भविष्य में अरुण नदी साँपू नदी का कुछ जल अपने में आत्मसात् कर लेगी। गंगा नदी तथा उसकी सहायक नदियों के मार्ग में भी पर्याप्त परिवर्तन हुए हैं। प्राचीन काल में भोय तथा गुप्त राजाओं की राजधानी पाटलिपुत्र (आधुनिक पटना) गङ्गा, सोन, घाघरा, पुनपुन तथा गडक नदियों के संगम पर स्थित थी। परन्तु इस समय सोन तथा घाघरा नदियाँ पटना से पहले ही गंगा से मिल जाती हैं तथा गडक पटना में पूर्व में मिलती है। इसी प्रकार आज से 200 वर्ष पहले गंगा नदी की मुख्य धारा पश्चिम बंगाल की भगीरथी तथा हुगली नदियों की धारियों में होकर ही प्रवाहित होती थी परन्तु वर्तमान समय में गंगा की मुख्य धारा बङ्गा नदी की धाटी से होकर बंगला देश में प्रवाहित होती है।

हिमालय की वर्तमान प्रवाह-प्रणाली—हिमालय में निकलकर नदियाँ अपनी उपशाखाओं सहित या तो भू-गर्भ में समाप्त हो जाती हैं या बंगाल की खाड़ी में गिर जाती हैं। हिमालय में निकलने वाली नदियों को तीन क्रमों में विभाजित किया जा सकता है—1. प्रथम क्रम में सिन्धु-क्रम जाता है—इस क्रम में सिन्धु, सतलज, व्यास, चिनाब, रावी तथा बेनस आदि नदियाँ प्रमुख हैं। उन्हें पश्चिमी हिमालय का नदी-क्रम भी कहा जा सकता है। इस क्रम की मुख्य नदी सिन्धु है जो कि कंलाश पर्वत में निकल कर पश्चिम की ओर प्रवाहित होती हुई मिलापिल के पास हिमालय को काट कर 17000 फीट सहरी तल धाटी से होकर दक्षिण दिशा में झुड़ कर कच्छी के पाम अरब सागर से मिल जाती है। 2. द्वितीय क्रम में गंगा क्रम आता है—इस क्रम की प्रमुख नदी गंगा तथा उसकी सहायक नदियाँ, यमुना, रामगंगा, घाघरा, राप्ती, गडक तथा कोसी

आदि हैं (यहाँ पर हिमालय में निकलने वाली सहायक नदियों का उल्लेख किया जा रहा है)। गङ्गा नदी इस क्रम की प्रमुख जलधारा है। गङ्गा नदी ऊपरी भाग में अलकनन्दा तथा भागीरथी के सम्मेलन से ही बनी है। गङ्गा नदी (भागीरथी) का मुख्य उद्गम स्थान गङ्गोत्री हिमाली है जो कैदारनाथ चोटी के उतर में गडमुख नामक स्थान पर 12,800 फीट की ऊँचाई पर स्थित है। 3 तृतीय वर्ग में ब्रह्मपुत्र-क्रम आता है—इस क्रम की प्रमुख नदी ब्रह्मपुत्र तथा इसकी सहायक तिस्ता है। गङ्गा-यमुना क्रम पूर्व की ओर प्रवाहित होकर ब्रह्मपुत्र से मिलकर दक्षिण दिशा में मुड़कर बंगाल की खाड़ी में समाप्त हो जाती है। प्रारम्भ में गङ्गा-यमुना-क्रम वर्तमान पथ में उत्तर था, परन्तु शिवालिक श्रेणी के निर्माण के कारण तथा हिमालय से आने वाली नदियों के कारण उत्पन्न दबाव से गङ्गा का मार्ग बहकाकर होकर दक्षिण की ओर झुक गया है।

अप्लेशियन क्षेत्र में प्रवाह-प्रणाली के विकास का इतिहास सामान्य परिचय—इस क्षेत्र की प्रवाह प्रणाली पर चट्टानों की बनावट तथा भौतिक आकृतियों का प्रभाव

अत्यन्त महत्वपूर्ण है। यह प्रभाव एक क्षेत्र में दूसरे क्षेत्र में भिन्न-भिन्न है। जहाँ तक वर्तमान प्रवाह-प्रणाली का सम्बन्ध है अप्लेशियन क्षेत्र के दोनो तरफ अर्थात् पूर्व तथा पश्चिम की ओर नदियों का विकास हुआ है। पूर्व में अप्लेशियन में नदियाँ निकलकर अटलांटिक महासागर में गिर जाती हैं। जहाँ पर ये नदियाँ पीडमाण्ट में नीचे की ओर सागर-तटीय मैदान में उतरती हैं, वहाँ पर प्रपात बनाती हैं। इस प्रकार पीडमाण्ट के सहारे उत्तर दक्षिण एक प्रपात रेखा पायी जाती है। अप्लेशियन से निकलकर पश्चिम दिशा में मिसोसीपी क्रम से मिल जाती है। कुल मिलाकर अप्लेशियन क्षेत्र में दो प्रमुख जल-विभाजक क्षेत्र (Water divides) हैं। 1. दक्षिण में ब्लूरिज जहाँ से नदियाँ निकल कर पश्चिम की ओर मिसोसीपी-क्रम से मिल जाती हैं तथा पूर्व की ओर अटलांटिक महासागर में जा मिलती हैं 2. उत्तर में प्रमुख जल-विभाजक क्षेत्र अलेक्जेंड्री अप्रमुख" (Allegheny Front) है, जहाँ से नदियाँ पश्चिम में ओहियो से मिलती हैं जो पुन मिसोसीपी नदी में मिलती है तथा पूर्व की ओर बहने वाली नदियाँ अटलांटिक महासागर में गिरती हैं। इस



चित्र 234—अप्लेशियन की प्रवाह-प्रणाली का एक सामान्य चित्र।

प्रकार यदि देखा जाय तो अप्लेशियन क्षेत्र की अधिकांश नदियाँ भौतिक आकृतियों के आर-पार (Across) अथवा आड़ी दिशा (Transverse) में प्रवाहित होती हैं।

प्रायः, यह विश्वास किया जाता है कि अप्लेशियन क्षेत्र की भौतिक प्रवाह प्रणाली, अनुवर्ती प्रवाह प्रणाली (Consequent drainage) थी तथा इसके प्रवाह की दिशा दक्षिण-पूर्व से उत्तर-पश्चिम थी। बाद में अप्लेशियन क्षेत्र में अत्यधिक उभार के कारण तथा पूर्व की ओर झुकाव (Tilt) होने से प्राचीन नदियों का झुकाव पूर्व तथा दक्षिण-पूर्व की ओर हो गया और वर्तमान प्रवाह-प्रणाली का सूत्र पात हुआ। परन्तु अप्लेशियन क्षेत्र की प्रवाह प्रणाली का इतिहास इतना सरल नहीं है। साधारण रूप में यह बताया जा सकता है कि पैल्यो-जोइक युग के प्रारम्भ में प्राचीन अप्लेशियन की अनुवर्ती नदियाँ पश्चिम की ओर आंतरिक "पैल्योजोइक सागर" में गिरती थीं। पर्मियन युग में अप्लेशियन हलचल (Applachian Revolution) के समय अप्लेशियन भूसन्नति में दबाव के कारण सर्वाधिक उभार हुआ जिसने उत्तर-पश्चिम दिशा में प्रवाहित होने वाली मौलिक प्रधान अनुवर्ती नदियों के आर-पार अथवा आड़े दिशा में पर्वत-श्रेणियों का निर्माण हुआ। यहाँ पर दो सम्भावनाएँ हो सकती हैं। प्रथम—यह कि मौलिक अनुवर्ती नदियों ने अपना दक्षिण-पूर्व से उत्तर पश्चिम वाला मार्ग कायम रखा हो। इनकी प्रवाह दिशा में पर्वतीय उत्थान का असर नहीं हुआ हो। हो सकता है कि नदियों ने स्थलीय उभार के साथ ही साथ बड़ा बड़ा अपना पूर्ववर्ती मार्ग सुरक्षित रखा हो। यदि अनुवर्ती नदियों ने उभार के बावजूद अपना पहला मार्ग अपनाया हो तो किस रूप में अपनाया? इनका समाधान करना अवश्य है। द्वितीय—यह कि पर्मियन युग में सर्वाधिक उभार के कारण नदियों के मार्ग में परिवर्तन हो गया हो तथा नदियों की दिशा दक्षिण-पूर्व हो गई हो। यह सम्भावना अधिक सरल तथा विश्वासजनक प्रतीत होती है। इन दो समस्याओं तथा सम्भावनाओं के सम्बन्ध में विद्वानों ने अपने अलग-अलग मत प्रस्तुत किये हैं। इनमें से प्रमुख सिद्धान्तों की व्याख्या नीचे प्रस्तुत की जा रही है।

#### पूर्ववर्ती सिद्धान्त

(Antecedent Theory of Applachian Drainage)

कुछ विद्वानों का मत है कि प्रारम्भ में प्राचीन "अप्लेशियन उच्च-भाग" से अनुवर्ती नदियाँ पश्चिम

दिशा में प्रवाहित होती थी। इसके बाद पर्मियन युग में सर्वाधिक उत्थान होने के कारण इन अनुवर्ती नदियों ने पर्वतीय भाग को काटना प्रारम्भ किया तथा अपनी पहली घाटी को सुरक्षित रखा तथा इनकी दिशा उत्तर-पश्चिम की ओर कायम रही। वास्तव में वर्तमान आड़ी नदियाँ (Transverse streams) पूर्ववर्ती नदियाँ ही हैं, जिन्होंने अपनी मौलिक घाटी को अत्यधिक कटाव द्वारा कायम रखा है। प्रारम्भ में जबकि उभार नहीं हुआ था, इन नदियों की दिशा पश्चिम थी। तदन्तर प्रारम्भिक छोटे-छोटे मोड़ पटने के कारण चौड़ी अपनतियों का निर्माण हुआ। इन पर नदियों ने बड़ा बड़ा करके अपनी घाटी का निर्माण करना। जब एक बार पश्चिम दिशा में प्रवाहित होने वाली नदियों की घाटी का निर्माण छोटे-छोटे निमित्त मोड़ों पर हो गया तो आगे चल कर पुनः अधिक उत्थान होने पर भी उनकी घाटियों तथा प्रवाह दिशा में परिवर्तन नहीं हुए वरन् उत्थान के साथ ही साथ नदियों ने कटाव करना जारी रखा तथा अपनी पूर्ववर्ती घाटी को सुरक्षित रखा। अपने मत की पुष्टि में विद्वानों ने बशिंग्टन अप्लेशियन क्षेत्र की "न्यूकावा प्रवाह हम्" तथा "क्लेब-बाइ डेनेसी हम्" की पूर्ववर्ती प्रवाह-प्रणाली को उदाहरण स्वरूप उपस्थित किया है। ये नदियाँ ब्लू रिज पर्वत के शिखर के पूर्व से निकलती हैं तथा समस्त अप्लेशियन पर्वत तथा अप्लेशियन पठार से प्रवाहित होकर मिसिसिपी में मिल जाती हैं। वास्तव में ये दक्षिण पूर्व से उत्तर-पश्चिम दिशा में प्रभावित होने वाली पूर्ववर्ती नदियों के ही उदाहरण हैं। इस प्रकार इस सिद्धान्त के अनुसार अप्लेशियन क्षेत्र के आर-पार प्रवाहित होने वाली नदियों का विकास अप्लेशियन क्षेत्र में उभार होने से प्रारम्भिक अनुवर्ती नदियों के मार्ग में परिवर्तन होने के कारण नहीं हुआ है वरन् ये प्रारम्भिक अनुवर्ती नदियाँ ही हैं जो उत्थान के साथ कटाव करके अपनी मौलिक घाटी से होकर बहती हैं।

#### अनुवर्ती सिद्धान्त

(Consequent Theory of Applachian Drainage)

अप्लेशियन क्षेत्र की प्रवाह प्रणाली के विकास में सम्बन्धित "पूर्ववर्ती प्रवाह सिद्धान्त" के विषय में कई कठिनाइयाँ उपस्थित हो जाती हैं, जिन कारणों वर्तमान समय में उपर्युक्त मकरपना का मान्यता प्राप्त नहीं है। यदि प्रारम्भिक अनुवर्ती नदियों (Consequent streams) में "अप्लेशियन हलचल" के बाद भी अपना दक्षिण-पूर्व से उत्तर-पश्चिम का रुख सुरक्षित रखा तथा अप्लेशियन

के आर-पार प्रवाहित होने वाली ये पूर्ववर्ती नदियाँ हैं तो अप्लेशियन के पूर्व की ओर प्रवाहित होने वाली नदियों का विकास कैसे हुआ ? इस प्रश्न का हल "पूर्ववर्ती प्रवाह-सिद्धान्त" से नहीं मिल पाता है। अतः कुछ विद्वानों ने "अनुवर्ती प्रवाह सिद्धान्त" का प्रतिपादन किया है। इनमें प्रमुख हैं—डेविस मेयरहोफ़ तथा ओमस्टीड प्रभृति विद्वान्।

मर्वप्रथम डेविस ने 1909 ई० में अपने "पेन्सिलवेनिया की नदियाँ तथा घाटियाँ" नामक लेख में यह बताया कि अप्लेशियन क्षेत्र की नदियों का आविर्भाव तथा त्रिकाम भौतिक आकृतियों के ढाल के अनुसार हुआ है। इस प्रकार डेविस ने अपने "अनुवर्ती प्रवाह-सिद्धान्त" का प्रतिपादन किया। इन्होंने वर्तमान प्रवाह-प्रणाली का स्वरूप दो रूपों में बताया है। सर्वप्रथम पमियन युग में 'अप्लेशियन हलचल' के समय मोड़दार क्षेत्र में तीव्र गति में अचानक उत्थान हुआ, जिस कारण अप्लेशियन का मध्यवर्ती उच्चतम भाग जनविभाजक बन गया। फलस्वरूप ऊँचाई, वनाच्छादित तथा मोड़ों के अनुसार इस जलविभाजक के दोनों ढालों पर अनुवर्ती नदियों का आविर्भाव हुआ। तीव्र उत्थान के साथ-साथ पश्चिम दिशा में प्रवाहित होने वाली अनेक आड़ी नदियों की दिशा में व्यतिक्रम (Reversal) हो गया तथा य उत्तर-पश्चिम से दक्षिण-पूर्व दिशा में प्रवाहित होने लगी। इन नदियों की दिशा में परिवर्तन के कारणों में विषय में भी डेविस ने उल्लेख किया है—अप्लेशियन हलचल में पत्थर "अप्लेशिया" स्थल भाग ऊँचा होने के कारण पश्चिम वाहिनी नदियों का उद्गम-स्थल था तथा इसकी स्थिति व कारण इसके पूर्व की ओर नदियाँ इसे पार करने प्रवाहित नहीं हो सकती थी। धीरे-धीरे अपरदन के कारण अप्लेशिया उच्चभाग नीचा हो गया तथा 'अप्लेशियन-हलचल' के समय अप्लेशियन पर्वत के उत्थान के कारण 'अप्लेशिया' का अवतलन (Subsidence) हो गया, जिस कारण अप्लेशियन के मोड़दार क्षेत्र में पूर्व स्थल का धँसाव होने लगा। फलस्वरूप अप्लेशियन पर्वत में पूर्व की ओर लड़े ढाल का निर्माण हो गया। यह ढाल पर्वत की ओर अधिक तथा अटलांटिक महासागर की ओर शून्य-शून्य मन्द था। इस ढाल के कारण आड़ी नदियों के मध्यवर्ती भाग में व्यतिक्रम हो गया जिस कारण अप्लेशियन से पूर्व की नदियाँ अटलांटिक महासागर की ओर प्रवाहित होने लगी तथा पश्चिम की ओर मिसौरीपी नदी में।

यद्यपि डेविस का मत अधिक विश्वासजनक प्रतीत होता है तथापि इस सिद्धान्त के विषय में भी कठिनाइयाँ उपस्थित हो जाती हैं। प्रायः यह तो सभी विद्वान् मानते हैं कि "अप्लेशियन हलचल" के समय अप्लेशियन पर्वत का झुकाव (Tilting) पूर्व की ओर हो गया तथा पूर्व में अवतलन भी हुआ। परन्तु समस्या यह है कि क्या इस प्रकार का झुकाव पहले से विकसित नदियों के मार्ग में अचानक व्यतिक्रम उपस्थित कर सकता था। ऐसी परिस्थिति में प्रायः यही होता है कि उभार होने पर भी पहले की नदियाँ अपनी घाटी को गहरा करके अपने पूर्ववर्ती मार्ग तथा घाटी को सुरक्षित रखती हैं तथा उनसे मार्ग में व्यतिक्रम होने की सम्भावना कम हो रहती है। नदियों के मार्ग में परिवर्तन प्रायः त्वरित एवं बड़े पैमाने पर पटविवरूपण (Diastrophism) एवं उत्थान के कारण ही होता है। डेविस ने इसका उल्लेख नहीं किया है।

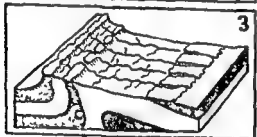
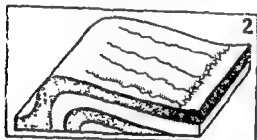
उपर्युक्त समस्यओं को ध्यान में रखकर प्रसिद्ध विद्वान् मेयरहोफ़ तथा ओमस्टीड (H A Mayerhoff and E W Olmstead) न सन् 1936 ई० में नये मत का प्रतिपादन किया, यद्यपि इनके विचार भी अनुवर्ती प्रवाह-सिद्धान्त पर ही आधारित थे। इनके अनुसार पमियन युग में "अप्लेशियन-हलचल" के समय मोड़दार क्षेत्र में अचानक त्वरित (Rapid) एवं अधिकतम उत्थान हुआ, जिस कारण मोड़दार अप्लेशियन के उत्तर-पश्चिम तथा पश्चिम में नये जल-विभाजक का निर्माण हुआ। इस जल-विभाजक से पूर्व दिशा में प्रवाहित होने वाली नदियों का आविर्भाव हुआ। मेयरहोफ़ के अनुसार अप्लेशियन क्षेत्र के पश्चिम तथा उत्तर-पश्चिम दिशा में जल



(मेयरहोफ़ तथा ओमस्टीड के आधार पर)  
चित्र 235—पश्चिम दिशा में उत्क्रम भ्रम (Tributary fault) के कारण जल-विभाजक का उ० प० दिशा में विसर्जन।

विभाजन के निम्न करने का एकमात्र कारण पश्चिम की ओर उत्क्रम भ्रंशन (Thrust-faulting) को ही बताया जा सकता है। इन तथ्य को चित्र 235 तथा 236 से मली-भाति समझा जा सकता है।

इस जल-विभाजन के पूर्वी ढाल पर नति (Dip) के सहारे अनुवर्ती नदियों का आविर्भाव हुआ जिनकी दिशा दक्षिण-पूर्व की ओर थी। यह दिशा इस कारण थी कि अप्पेनियन के उत्तर-पश्चिम में लुकाव दक्षिण-पूर्व दिशा में हुआ था। ससक्वेहन्ना (Susquehanna), पोटोमक (Potomac), शुग्लकिल (Schuglkill) तथा डिलेवैयर (Deleware) नदियाँ इसके प्रमुख उदाहरण हैं।



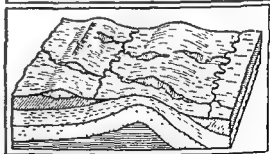
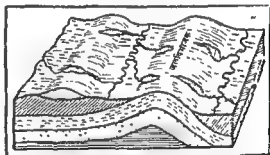
(मेयरहोफ तथा ओमस्टीड के आधार पर)

चित्र 236—जल-विभाजन के पूर्वी ढाल पर नति (Dip) के सहारे अनुवर्ती नदियों का आविर्भाव।

3. टामसन का प्रगामी सरिता-अपहरण सिद्धान्त (Progressive Piracy Theory of Thompson)

मन् 1929 ई० में प्रसिद्ध भूगर्भवेत्ता टामसन (H D Thompson) ने बताया कि अप्पेनियन क्षेत्र में नदियों का वर्तमान दक्षिण-पूर्व दिशा वाला मार्ग

नदियों के मार्ग में उत्थान के कारण व्यतिक्रम (Reversal) होने के फलस्वरूप नहीं हुआ है बल्कि नदियों द्वारा प्रगामी अपहरण (Progressive capture) के परिणामस्वरूप सम्भव हुआ है। इसी तरह अप्पेनियन जल-विभाजक का पश्चिम की ओर स्थानान्तरण (खिसकाव Shifting), उत्क्रम भ्रंश (Thrust fault) तथा वक्रन (Folding) के कारण न होकर इसी सरिता-अपहरण द्वारा हुआ है। टामसन के अनुसार दक्षिणी अप्पेनियन में आड़ी नदियाँ केवल उन्हीं भागों में पायी जाती हैं, जहाँ पर ये आन्तरिक भाग में निकलकर सम अवरोध वाले भाग को आसानी से काटकर भट्ठाटिक महासागर की ओर प्रवाहित हो सकें। टामसन यह भी मानते हैं कि अप्पेनियन क्षेत्र का आरम्भिक तथा मौलिक प्रवाह-ढाल (Drainage slope) तथा प्रवाह दिशा उत्तर-पश्चिम थी। अप्पेनियन हलचल के समय इन्डूरिज के पूर्व में स्थित अप्पेनियन के भाग का अवतलन हो गया,



(टामसन के आधार पर)

चित्र 237—प्रगामी सरिता-अपहरण (Progressive river capture) द्वारा जल-विभाजक का पश्चिम की ओर खिसकना। ऊपर वाले चित्र में जलविभाजक का पूर्वी ढाल पश्चिम ढाल की अपेक्षा अधिक तीव्र है, अतः उस पर प्रवाहित सरिता ने पश्चिमी ढाल वाली सरिता का अपहरण कर लिया है। इस कारण जल-विभाजक (दूसरे चित्र में) प० की ओर खिसक गया है।

जिम कारण अप्लेशियन का पूर्वी ढाल और अधिक तीव्र तथा सकुचित (विस्तार में कम) हो गया। अप्लेशियन के दोनो ढाल पर नदियाँ प्रवाहित हो रही थीं, परन्तु चूँकि पूर्वी ढाल अधिक तीव्र था अतः पूर्व की ओर प्रवाहित होने वाली नदियों की अपरदन-क्षमता अत्यधिक हो गई। पलस्वरूप इन नदियों ने उद्गम की ओर बटाव करना प्रारम्भ कर दिया जिससे पश्चिमी ढाल पर प्रवाहित होने वाली नदियों का अपहरण प्रारम्भ हो गया। इस क्रमिक सर्जिता अपहरण के कारण अटलांटिक ढाल पर बहने वाली नदियों का विस्तार होने लगा तथा जल-विभाजक का पश्चिम की ओर स्थानान्तरण या खिसकाव (Migration) होने लगा। एक लम्बे समय तक नदियों का क्रमिक अपहरण तथा जल-विभाजक के पश्चिम की ओर हटने ने दक्षिण-पूर्व की ओर प्रवाहित होने वाली आडी नदियों का विकास हुआ। दक्षिण की अपेक्षा उत्तर में नलविभाजन को जल-विभाजक अधिक हुआ है। इसके दो प्रमुख कारण बताये जाते हैं— 1. दक्षिण में ब्ल्यूरिज का विस्तार अधिक था तथा अपरदन के लिये यह अधिक अधोग्रह्य था। इस कारण दक्षिण में अपहरण तथा खिसकाव अधिक नहीं हो पाया। 2. उत्तर में ढाल का पूर्व की ओर झुकाव दक्षिण की अपेक्षा अधिक था जिस कारण उत्तर में नदियों की अपरदन क्षमता, दक्षिण की अपेक्षा अधिक थी। दक्षिण में रोनोके (Roanoke) नदी न पश्चिम की ओर 40 मील, जेम्स नदी ने 75 मील तक बटाव किया है। इसके विपरीत उत्तर में थोटोमक नदी ने पश्चिम दिशा में 100 मील का कटाव किया।

#### 4. पूर्वारोपित प्रवाह-सिद्धान्त (Superimposition Drainage Theory of Appalachians)

उपरोक्त तीन सिद्धान्तों के विपरीत कुछ विद्वानों ने अनुसार अप्लेशियन क्षेत्र की आडी नदियों का विकास उनकी दिशा में परिवर्तन के कारण नहीं हुआ है, बरन् इनका विकास पूर्वारोपण (Superimposition) के कारण हुआ है। इस मत के अनुसार "अप्लेशियन हलचल" के समय अप्लेशियन के उत्थान होने से उसके उत्तरी भाग में पूर्वी ढाल पर अनुवर्ती नदियों का विकास हुआ, जिनकी दिशा दक्षिण-पूर्व थी। इन नदियों की घाटियों का निर्माण २००० की ओर जुड़े हुए उल्टोपित मोट (Overturned folds) तथा उत्क्रम-भ्रज (Thrust fault) के ढालों पर नति (Dip) के सहारे हुआ था अर्थात् मोटों के ऊपरी भाग पर नदियों ने अपनी घाटी का निर्माण उत्तर-पश्चिम से दक्षिण-पूर्व दिशा में कर

लिया। कटाव के बाद इन नदियों की घाटियों का विकास मत्ती-भाँति मोड़ों के ऊपर हो गया था। जब अपरदन के कारण घाटतल नीचा होकर पेनीप्लेन बन गया तथा पुनः उसमें उभार हुआ तो पूर्व दिशा की ओर प्रवाहित होने वाली प्रारम्भिक नदियों का आरोपण उत्थित भाग पर हो गया। चूँकि अप्लेशियन हलचल बड़ी बहाव ही दक्षिण-पूर्व दिशा में नदियों की घाटियों का निर्माण हो गया था, अतः कई बार पेनीप्लेनशन तथा उत्थान होने के बावजूद भी इन नदियों का मार्ग दक्षिण-पूर्व ही रहा क्योंकि इनकी घाटियों का आरोपण निचले मोड़ पर पहले ही हो गया था। पेन्सिलवेनिया की नदियों की व्याख्या के समय डेविस ने भी कुछ हद तक नदियों के पूर्वारोपण को स्वीकार किया है। कुछ विद्वान स्थानीय पूर्वारोपण (Local Superimposition) मानते हैं, जबकि कुछ सौग स्यापक पूर्वारोपण को स्वीकृति प्रदान करते हैं।

अटलांटिक ढाल पर दक्षिण पूर्व दिशा में प्रवाहित होने वाली नदियों के विषय में एक और सम्भावना प्रस्तुत की जा सकती है। स्कूली पेनीप्लेन (Schooley Peneplain) के पहले अटलांटिक महासागर का कम से कम उत्तरी अप्लेशियन क्षेत्र में प्रसार अवश्य हुआ होगा। इतना ही नहीं अप्लेशियन का उत्तरी भाग अधिक समय तक सागर के नीचे रहा होगा, जिस कारण लम्बे समय तक उस भाग पर सागरीय अवसाद (Marine sediments) का जमाव होता रहा। तदन्तर जब सागर पीछे की ओर लौटने लगा होगा तो सागर से मुक्त अप्लेशियन पर (जिस पर अत्यधिक सागरीय अवसाद का जमाव हो गया था) छोटी-छोटी अनुवर्ती नदियों का आविर्भाव हुआ होगा। पुनः जब अप्लेशियन का पूर्व तथा दक्षिण पूर्व की ओर झुकाव (Tilt) हुआ होगा तो दक्षिण-पूर्व दिशा में प्रवाहित होने वाली नदियों का विकास हुआ होगा। नदियों ने सागरीय जमाव में चट्टान के मुलायम होने के कारण अत्यधिक बटाव करके अपनी घाटी का निर्माण कर लिया होगा तथा जब समस्त नदीन तथा मुलायम चट्टान का कटाव हो गया होगा तो नदियाँ की घाटी का आरोपण (Superimposition) नीचे की मोड़दार और कठोर चट्टानों पर हो गया होगा। अप्लेशियन में पुनः उत्थान होने पर भी इनकी दिशा पूर्ववत् रही होगी क्योंकि इनकी घाटी का आरोपण निचली चट्टानों पर पहले ही हो गया था। इस प्रकार में अप्लेशियन क्षेत्र की आडी नदियों (पूर्व की ओर प्रवाहित होने वाली)

का आविर्भाव एवं विकास हुआ माना जा सकता है। प्रसिद्ध भूगर्भवेत्ता जानसन इस पणिकल्पना के प्रमुख प्रवक्ता हैं। वास्तव में यह सम्भावना “पूर्वरोपण प्रवाह-सिद्धान्त” का ही एक रूप है। इसमें व्यापक पूर्वरोपण को महत्त्व प्रदान किया गया है।

**उपसंहार—**लेखक के विचारानुसार अप्पेजियन क्षेत्र की सम्पूर्ण प्रवाह-प्रणाली को एक ही सिद्धान्त अथवा परिवर्त्यता द्वारा सिद्ध करना व्यायसगत नहीं जान पड़ता। यह आवश्यक नहीं है कि अप्पेजियन क्षेत्र की सभी नदियाँ एक ही क्रम के अनुसार तथा नियमानुसार उद्भूत हुई हों। हो सकता है कि कुछ नदियाँ (वास्तव में) पूर्ववर्ती (Antecedent) नदियाँ हों। उदाहरण लिये फ्रेंच ब्राड टेनेसी क्रम (French Broad-Tennessee System) निम्न ही एक पूर्ववर्ती नदी का उदाहरण जान पड़ता है। लेखक की सम्भावना अनुवर्ती प्रवाह-सिद्धान्त के विषय में अधिक है। अप्पेजियन के उद्भाग का भाग उनके दोनों डालों पर अनुवर्ती नदियों का विकास हुआ होगा। उन आड़ी नदियों के विषय में जो कि पर्वत की बनावट के आर-पार अथवा समस्त

अप्पेजियन से होकर बनावट की आड़ी दिशा में प्रवाहित होती हैं, लेखक कह सकता है कि उनका आविर्भाव नरिता-अपहरण द्वारा हुआ होगा। पूरे अप्पेजियन क्षेत्र में इस प्रकार के अनेक सरिता-अपहरण के लक्षण पाये गये हैं, जिनके प्रमुख प्रमाण विस्तृत विषय में पता चाले हैं। लेखक इसका एक प्रमाण यह भी उपस्थित कर सकता है कि अधिकांश आड़ी नदियाँ सीधे मार्ग से होकर प्रवाहित नहीं होती वरन् अपने रास्ते में कठोर शैल वाले भागों को बचाकर चन्ती हैं। ये पर्वत पर्वत-श्रेणियों के उस भाग को पार करने प्रवाहित होती हैं, जहाँ पर चट्टानें मुलायम हैं तथा जिन्हे ये नदियाँ आसानी से काट सकें। इस प्रकार तीव्र ढाल तथा मुलायम चट्टान वाले मार्गों की नदियों ने उद्गम की ओर कटाव (Headward erosion) करके कड़ी चट्टान वाली नदियों का अपहरण कर लिया। इस क्रिया के लम्बे समय तक कार्योन्वित होते रहने से वर्तमान आड़ी नदियों का विस्तार हुआ माना जाना चाहिए। लेखक के उपर्युक्त विचार को “अप्पेजियन की प्रवाह प्रणाली का कम्पोजिट सिद्धान्त” के रूप में समझना चाहिए।

# नदी-घाटी का विकास

(Development of a River Valley)

**सामान्य परिचय—**घाटी शब्द का तात्पर्य क्षीघ्र ही एक नदी की घाटी से हो जाता है। क्योंकि इसकी स्थिति भूपृष्ठ पर सर्वांगिक है। साधारण तौर पर घाटियों का अर्थ नदी की ही घाटी से लिया जाता है परन्तु यतह पर कई ऐसी भी घाटियाँ हैं जिनका निर्माण या तो मानवी आदि से हुआ है या रचनात्मक प्रक्रियाओं खासकर पट-विन्मयण (Diastrophism) द्वारा। सामान्य तौर पर घाटी को हम बहुते हुए जल द्वारा निर्मित विभिन्न प्राशरवाण ऋणात्मक स्वरूप (Negative land forms) कह सकते हैं। परन्तु इसका तात्पर्य यह कदापि नहीं है कि धरातल की सभी घाटियाँ नदियों द्वारा ही निर्मित हैं। घाटियों के निर्माण में भाग लेने वाले कारणों का प्रश्न के आधार पर उन्हें कई भागों में विभक्त किया जा सकता है। उदाहरण के लिए बहुते हुए जल द्वारा निर्मित घाटी को—1 सामान्य घाटी या केवल घाटी या नदी घाटी कह सकते हैं। 2 कुछ घाटियों का निर्माण इंसानी द्वारा भी होता है। इन्हें **हिमानी घाटी** कहा जाता है। 3 कुछ घाटियों का निर्माण भूपृष्ठीय हलचल या पटनविक्षण द्वारा होता है जैसे भ्रम द्वारा या स्पर्श-रण्ड द्वारा। इन्हें **रचनात्मक घाटी (Constructional valleys)** कहते हैं। उदाहरण के लिए 'डेप बेसिन', 'कैन्सो-कोनिगा की महान घाटी' (The Great Valley), 'जार्जिन की घाटी' तथा 'कर्मोर की घाटी'। अन्तिम घाटी का महत्व स्थानीय है तथा उससे किसी अपरदनात्मक एवं उससे उत्पन्न होने वाली स्थलाकृति का बोध नहीं होता है। द्वितीय प्रकार की घाटी के उल्लेख के समय उसके निर्माणक साधन अर्थात् प्रक्रम का अवश्य उल्लेख होना चाहिए। इससे विपरीत जब कभी 'मिर्क घाटी' शब्द का अनेकाने ही प्रयोग होता है तो- उसका तात्पर्य निश्चय ही नदी घाटी में होता है। अतः लेखक अपने पृष्ठों में घाटी का इसी अर्थ में प्रयोग करेगा। नदी-घाटी का विभाजन कई रूपों में प्रस्तुत किया जा सकता है परन्तु इसका उल्लेख अगले पृष्ठों में ही सम्भव हो सकेगा। यदि एक नदी विशेष को लिया जाय तो उसकी एकाकी घाटी को दो भागों में विभक्त किया जा सकता है। प्रथम, **अनुदैर्घ्य घाटी (Longitudinal valley)**—इसमें नदी घाटी का उसके मुहाने (Mouth)

में लेकर शीर्ष या उद्गम स्थल तक के भाग को लम्बित किया जाता है। वास्तव में यह लम्बान्मक मार्ग होता है। द्वितीय, **अनुप्रस्थ घाटी (Transverse valley)**—इसमें नदी की घाटी की चौड़ाई जहाँ-एवं दूसरे किनारे के बीच का भाग का अध्ययन किया जाता है। यदि नदी की घाटी का एक विव या पार्श्वचित्र (Cross section) ली जाय तो उसे नदी की परिच्छेदिका (Profile of river) कहते हैं। नदी की घाटी के सामान्य रूप के अनुसार परिच्छेदिका भी अनुदैर्घ्य तथा अनुप्रस्थ (Longitudinal profile and transverse profile) दो प्रकार की होती है। नदी की घाटी का विकास में दोनों परिच्छेदिकाओं का अध्ययन आवश्यक है। वास्तव में अनुदैर्घ्य परिच्छेदिका में नदी का ढाल का अध्ययन किया जाता है। इससे विपरीत अनुप्रस्थ परिच्छेदिकाओं से घाटी की चौड़ाई एवं गहराई का प्रदर्शन होता है।

अपरदन की क्रियाओं द्वारा नदी सतत अपनी घाटी का विकास एवं विस्तार करती रहती है। नदी की घाटी में दो तरह का विस्तार सम्भव हो सकता है। प्रथम रूप में घाटी का गहरा होना (Valley deepening) तथा दूसरे रूप में घाटी का चौड़ा होना (Valley widening) ये दोनों क्रियाएँ साथ-साथ भी चल सकती हैं परन्तु दोनों में से एक ही क्रिया एक साथ अधिक सक्रिय रहती है। अब हम घाटी के विकास के सामान्य रूप का अवलोकन करेंगे।

**घाटी-विकास के सामान्य रूप (Forms of Valley Development)**—घाटी का रूप, जिस हम वर्तमान समय में देखते हैं (जैसे गंगा की घाटी यमुना की घाटी) अचानक प्राप्त नहीं हो गया है बल्कि कई अवस्थाओं में, कई रूपों में हुआ है। घाटी के विकास में अपरदन के साथ ही साथ अवसथ का भी पर्याप्त महत्व होता है। धरातल पर जैसे ही वर्षा का जल आता है, वह ढाल के अनुसार बहने लगता है जिसे बाहरी जल (Run off) कहते हैं। यदि समस्त भूपृष्ठीय धरातल एवं समस्त भाग होता तो बाहरी जल एक चादर के रूप में निरन्तर क्षेत्र में फैलकर बहता तथा किसी नदी घाटी का विकास न हो पाता। परन्तु पृष्ठीय का धरातल सर्वत्र एक या नहीं है बल्कि स्थान-स्थान पर असमानताएँ मिलती हैं। इस



तरह के असमूह भाग में बाढ़ी जल क्षुद्र सरिता (Rills) का रूप धारण कर लेता है, जिसमें छोटी-छोटी नालियों का विकास हो जाता है। ये ही नालियाँ अपरदन के विभिन्न रूपों द्वारा कई अवस्थाओं में होकर नाबे तथा छोटी-बड़ी नदियों का रूप धारण कर लेती हैं। प्रारम्भ में इनकी घाटियाँ अत्यधिक तंग होती हैं परन्तु अन्तिम अवस्था में अत्यधिक विस्तृत हो जाती हैं। उपर्युक्त विवरण से यह स्पष्ट हो जाता है कि नदी-घाटी का आविर्भाव के लिये पर्याप्त बाढ़ी जल और असमतल अर्थात् ढाल का होना आवश्यक है। नदी एवं घाटी का प्रयोग प्रायः समानार्थक शब्दों के रूप में किया जाता है। अर्थात् घाटी से नदी तथा नदी से घाटी का बोध हो जाता है। इसी आधार पर तरुण, प्रौढ़ एवं ज्योतिर् नदियों के साथ प्रमथ, तरुण, प्रौढ़ एवं जीर्ण घाटियों का अर्थ लिया जाता है, परन्तु यह आवश्यक नहीं है कि तरुण नदी को घाटी तरुण ही होंगी और प्रौढ़ घाटी की नदी प्रौढ़ ही होगी। कभी-कभी प्राचीन घाटी के अन्तर्गत तरुण अवस्था वाली नदी पायी जाती है। ऐसी स्थिति प्रायः नवोन्मेष के समय (घाटी के अन्दर घाटी) होती है। इस तरह घाटी का सम्बन्ध समय से नहीं है बल्कि उसके विकास की निश्चित अवस्था की प्रमुख विशेषताओं से है। अब घाटियों के विकास के विभिन्न रूपों का विस्तार के साथ उल्लेख किया जायेगा। इस विषय में तीन तथ्यों को ध्यान में रखना होगा—प्रथम, यह कि घाटी की तली का निम्न कटाव द्वारा विस्तार होता है। द्वितीय, यह कि घाटी की चौड़ाई का क्षैतिज अपरदन (Lateral erosion) द्वारा विस्तार होता है और अन्तिम, यह कि नदी के मार्ग का लम्बात्मक रूप में विस्तार नदी द्वारा शीर्ष-अपरदन (Headward erosion) एवं मुख अपरदन (Seaward erosion) से होता है। उपर्युक्त आधार पर नदी के विकास के तीन रूपों को अलग किया जा सकता है—

- (1) घाटी का गहरा होना
- (2) घाटी का चौड़ा होना
- (3) घाटी का लम्बा होना

#### 1. घाटी का गहरा होना (Valley Deepening)

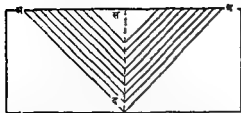
घाटी के निर्माण की प्रारम्भिक अवस्था उसके गहरा होने की होती है, अर्थात् सर्वप्रथम घाटी के विकास की प्रथम अवस्था में उसका निम्न कटाव द्वारा उसकी गहराई बढ़ती जाती है। इस क्रिया को 'घाटी का गहरा होना' कहते हैं। ऊर्ध्वाकार या लम्बवत् अपरदन द्वारा घाटी

का तल कट कर निरन्तर गड्ढा होता जाता है। यह लम्बवत् अपरदन, जपघर्षण (Corrosion), निम्न कटाव तथा जपध्व की क्रियाओं द्वारा सम्पन्न होता है। घाटी के गहरा होने में कोणिक पत्थर के टुकड़ों (Angular stone particles) का महत्त्व कम नहीं होता है। जिस तरह बड़ई का बर्मा (Drill) चक्करदार गति के कारण छेद करता जाता है, उसी प्रकार ये कोणिक पत्थर के टुकड़े भँवर (Eddy) के रूप में चक्कर लगाते हुए घाटी की तली में गड्ढा करने हैं, जिसे जलगतिका (Pot holes) कहते हैं। जनगतिका की स्थिति से घाटी का गहराई में पर्याप्त वृद्धि होती रहती है। इस तरह कुल मिला कर घाटी का गहरा होना—जलगति-क्रिया (Hydraulic action), तली का जपघर्षण (Corrosion of valley floor), जलगतिका के रूप में छेदन (Pot hole drilling), घोलकृष्ण (Solution) तथा जपध्व की सम्मिलित क्रियाओं द्वारा होता है। इससे साथ ही साथ कई अन्य कारक भी घाटी के गहरा होने में सहयोग करते हैं। उदाहरण के लिये—

1. यदि नदी-मार्ग का ढाल तीव्र होगा तो निम्न कटाव की अधिकता से घाटी गहरी होती जायेगी।
2. यदि घाटी-मार्ग की समीपी शैल मुलायम है तो निम्न कटाव अधिक होगा, अन्यथा कड़ी शैल होने पर घाटी का गहरा होना मन्द गति से सम्पन्न होगा।
3. यदि जल की मात्रा अधिक है तो प्रवाह-गति तेज होने से घाटी को निम्न कटाव अधिक होता है।
4. यदि नदी-मार्ग का उत्थान शून्य-शून्य होता है (उत्थान की दर, अपरदन की दर से कम हो) तो अत्यन्त गहरी घाटी का निर्माण होता है। सिन्धु ने हिमालय को काटकर 17,000 फीट गहरी घाटी का निर्माण किया है।

नदी अपनी प्रारम्भिक अवस्था में घाटी को इस तरह गहरा करती है कि उसका आकार अंग्रेजी V अक्षर के समान होता है। घाटी के विकास की प्रारम्भिक अवस्था (गहरा होने की प्रारम्भिक अवस्था) में यह अत्यन्त सखरी होती है। इस प्रकार की घाटी को बन्दरा या गार्ज (Gorge) कहा जाता है। जैसे-जैसे निम्न कटाव बढ़ता जाता है, घाटी की गहराई बढ़ती जाती है तथा उसका आकार चौड़ा होता जाता है। चित्र 238 द्वारा घाटी के क्रमिक गहरा होने की क्रिया को स्पष्ट किया गया है।

उपर्युक्त तथ्यों के आधार पर यह प्रकट होता है कि इस अवस्था में घाटी का गहरा होना, उसके चौड़ा होने



चित्र 238—नदी घाटी का गहरा होना ।

में अधिक सक्रिय होता है, परन्तु इसे एक नियम का रूप नहीं दिया जा सकता है, क्योंकि तरुणावस्था में भी नदी की घाटी का चौड़ा होना नगण्य नहीं होता है। अन्तःक्षेप इतना ही है कि यदि घाटी का गहरा होना अपरदन द्वारा सम्पन्न होता है तो घाटी का चौड़ा होना अपक्षय अवपतन (Slumping) तथा चादर घुलन (Sheet-wash) द्वारा होता है। इस आधार पर यह कहा जा सकता है कि तरुणावस्था में नदी के गहरा होने का कार्य तीव्र गति से होता है, परन्तु यह घाटी के चौड़ा होने की दृष्टि से अधिक नहीं होता है। उदाहरण के लिये यदि हम किसी भी V आकार की घाटी का अनुप्रस्थ पार्श्व-चित्र (Transverse cross section) लें तो निश्चय ही उसके उपरी भाग पर घाटी की चौड़ाई, उसकी गहराई में अधिक होती है।

उदाहरण के लिये ग्राण्ड कैनियन को लिया जा सकता है जिसके उपर की चौड़ाई 24 किलोमीटर है और घाटी की गहराई केवल 16 किलोमीटर ही है। परन्तु इसे भी एक नियम के रूप में नहीं लिया जा सकता है अर्थात् यह सदैव आवश्यक नहीं है कि तरुणावस्था या पूर्वनीय भाग में घाटी की चौड़ाई उसकी गहराई से अधिक हो जाती है। जहाँ पर चट्टानों के सम्बन्ध स्तर पाये जाते हैं एवं यदि वे अपक्षय के लिये प्रतिरोधक हों तो नदियाँ अपक्षिप्त गहरी घाटियों का मार्ग के रूप में निर्माण कर लेती हैं जिनमें घाटियों की गहराई निश्चय ही उनकी चौड़ाई में अधिक होती है। पहाड़ी भागों में अनेक ऐसे उदाहरण हैं (मिथु तथा सतलज नदी का मार्ग) जिनमें नदियों ने बड़ी किसी गहरे मार्ग का निर्माण किया है। उन गहरी तथा गूँघरीयों में किनारे वाली दीवारों के दान अत्यन्त तीव्र होते हैं।

## 2 घाटी का चौड़ा होना (Valley Widening)

घाटी का चौड़ा होना यद्यपि प्रारम्भिक अवस्था से ही प्रारम्भ हो जाता है परन्तु यह नदी की प्रौढ़ावस्था में ही अधिक सक्रिय होता है जब कि नदी की घाटी का गहरा होना कम हो जाता है। नदी की चौड़ाई का

विस्तार दो रूपों में होता है। प्रथम रूप में घाटी के किनारे कटते जाते हैं और उसकी ऊपरी चौड़ाई बढ़ती जाती है। द्वितीय रूप में घाटी की तली की भी चौड़ाई बढ़ती जाती है। ये दोनों क्रियाएँ प्रायः साथ-साथ चलती रहती हैं। घाटी के निम्न कटाव में हास के बाद भी नदी में इतना मनवा होता है तथा नदी में इतनी सामर्थ्य होगी कि उसका परिवर्धन कर सके। यह स्थिति प्रौढ़ावस्था की होती है। नदी का निम्न कटाव मन्द पड़ जाता है और क्षैतिज कटाव सक्रिय हो जाता है। फलस्वरूप घाटी की चौड़ाई में शून्य-शून्य विस्तार होने लगता है। घाटी के चौड़ा होने की क्रिया निम्न रूपों में नगण्य होगी है। क्षैतिज अपरदन घाटी को चौड़ा करने में सर्वाधिक सहयोग प्रदान करता है। नदी का बहता हुआ जल घाटी के किनारों के निचले भाग में अपघर्षण (Corrasion or abrasion) तथा जलगतिक्रिया (Hydraulic action) द्वारा मनवा को अलग करने लगता है। इस क्रिया के कारण घाटी के किनारे तीव्र ढाल वाले हो जाते हैं क्योंकि निचले भाग में अधकटन (Under cutting) द्वारा दीवारों में विनय का निर्माण हो जाता है। इस स्थिति के कारण किनारे टूट-टूट कर गिरते रहते हैं। इस प्रकार के अवपतन (Slumping) द्वारा निरन्तर घाटी के किनारे टूटते रहते हैं तथा पीछे हटते हैं जिससे घाटी की चौड़ाई में निरन्तर विकास होता है। यद्यपि इस क्रिया की सक्रियता घाटी के विकास के किसी भी अवस्था में हो सकती है परन्तु यह प्रौढ़ावस्था एवं जीर्णवस्था में सर्वाधिक सक्रिय होती है, क्योंकि इन अवस्थाओं में घाटी का निम्न कटाव एक तरह में समाप्त हो हो गया रहता है। अतः क्षैतिज पार्श्ववर्ती अपरदन ही अधिक सक्रिय रहता है। 2. वृत्ता हुआ जल बिना किसी अन्य साधन (कंकड़-पत्थर आदि) के घाटी के किनारों को घुसता हुआ चलता है। इस क्रिया के फलस्वरूप घाटी के किनारे कमजोर होकर शून्य-शून्य कटते रहते हैं। इस क्रिया को चादर-घुलन (Sheet-wash) कहते हैं। 3 नदी-घाटी के समीपवर्ती भागों में वर्षा का जल घाटी में एकत्र होता रहता है जिस कारण घाटी के किनारे वाले भाग में अनेक अवसक्तिकाएँ (Gullies) बन जाती हैं। इन गलियों द्वारा घाटी के किनारे का टाँस कटाव जाता है, जिससे घाटी की चौड़ाई बढ़ती है। ऐसा विश्राम किया जाता है कि घाटी की चौड़ाई में यह कारण कम महत्त्व रखता है। 4 अपक्षय की क्रिया

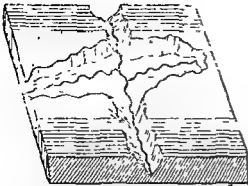
प्रत्यक्ष तथा अप्रत्यक्ष रूप से घाटी के चौड़ा होने में सहयोग देती है। जब घाटी के किनारे खड़े ढाल वाले होते हैं तो अपक्षय द्वारा विघटित तथा वियोजित पदार्थ चट्टान-चूर्ण के रूप में ढाल के सहारे नीचे सरकते रहते हैं जिससे घाटी का किनारा टूट-टूट कर गिरता रहता है एवं घाटी चौड़ी होती रहती है। 1.5 मुख्य नदी में उसकी कई सहायक नदियाँ मिलती हैं। इस मिलन स्थान (संगम) पर घाटी की दीवारों पर दो दिशाओं से प्रहार होने है, जिसमें किनारे टूट कर गिरने लगते हैं और घाटी की चौड़ाई बढ़ने लगती है। कभी-कभी मुख्य नदी एवं सहायक नदी के दायाब (Interfluves) का क्षैतिज कटाव द्वारा ह्राम होने से दोनों की घाटियाँ मिल जाती हैं और नदी-वादी अत्यन्त चौड़ी हो जाती है। 6 नदी-विमर्ष के द्वारा घाटी के चौड़ा होना का कार्य जीर्णोद्धार में सर्वाधिक सक्रिय होता है। इस अवस्था में पहुँचने पर ढाल में अत्यन्त कमी आ जाती है, फलस्वरूप नदी की प्रवाह गति एवं परिवहन-सामर्थ्य मन्द पड़ जाती है। नदी विमर्षों में होकर बल खाती हुई बड़े-बड़े मोड़ों से जाकर प्रवाहित होती है। नदी-मार्ग में इस तरह कई विमर्ष का आविर्भाव हो जाता है जो कि स्कंध (Spur) द्वारा जलग्रस्त होते हैं। प्रत्येक विमर्ष में दो ढाल या किनारे होते हैं—अवतल ढाल वाला किनारा और उन्नत ढाल वाला किनारा। अवतल किनारे पर अपरदन अधिक होता है क्योंकि नदी की धारों सीधे अवतल किनारे में टकराती हैं। फलस्वरूप मिट्टी कट कर गिरती रहती है तथा बिलफ (Cliffs) का निर्माण होता है। इस ढाल को क्लिफ ढाल (Cliff-slope) कहते हैं। इसके विपरीत उन्नत किनारे पर नदी की धारायें मन्द गति में पहुँचती हैं अतः अपरदन कम होता है और निक्षेप अधिक होता है। ढाल मन्द होता है। इसे स्कंध (विन्तारित) ढाल (Slip off-slope) कहते हैं। अवतल किनारे के तीव्र ढाल के कारण उसे कगारी ढाल (Escarpment slope) भी कहा जाता है। धीरे-धीरे विमर्ष का आकार बढ़ता जाता है तथा अत्यधिक घुमावदार हो जाता है। अवतल किनारे पर स्पर्श का कटाव होता रहता है तथा एक समय ऐसा आता है जबकि स्पर्श अधिक नुकीले हो जाते हैं तथा घाटी के दोनों किनारों पर तीव्र क्लिफ का निर्माण हो जाता है। बाढ़ के समय में किनारे जलमग्न हो जाते हैं जिससे बाढ़ के मैदान का विकास होता है। निश्चय ही इस बाढ़ के मैदान द्वारा घाटी की चौड़ाई बढ़ती जाती है।

इस तरह हम देखते हैं कि घाटी के विकास की कई अवस्थायें होती हैं, जिनमें निम्न कटाव तथा क्षैतिज कटाव क्रम से अप्रमर होते हैं। परन्तु यह एक सैद्धान्तिक रूप है। अनेक परिस्थितियों में घाटी के विकास में सलग्न क्रियाओं के तारतम्य में अव्यवस्था उपस्थित हो सकती है। उदाहरण के लिये यदि वर्षा वर्षा न हो पाये तो नदी के चौड़ा होने की क्रिया रुक सकती है। परिणामस्वरूप नदी-घाटी अपने विकास की तरुणावस्था में अधिक समय तक रह सकती है। शण्ड कमिशन इसका प्रमुख उदाहरण प्रस्तुत करता है। कोलोरेडो नदी अपने उद्गम-स्थल में वर्षा द्वारा जल पानी है परन्तु रास्ते में परिजोना का महाम्यल पड़ता है जहाँ पर वर्षा से जल नदी में न मिल पाता है। अतः एक गम्भीर दूरी तक नदी की घाटी का चौड़ा होना स्थगित रहता है।

नदी की घाटी की अनुप्रस्थ पृष्ठछेदिका का सामान्य रूप से बहुत कुछ संरचनात्मक नियन्त्रण (Structural control) द्वारा भी निर्धारित होता है। प्रायः घाटी की अनुप्रस्थ पृष्ठछेदिका (Cross profile) में असममिति (Asymmetry) होती है। इसके कई कारण बताये जा सकते हैं।

1 सर्वप्रथम संरचना का प्रभाव (कई स्थानों में) होता है। उदाहरण के लिये यदि कोई स्थूलखण्ड कटोरा एवं मुलायम शैल का बना हुआ है तो कठोर शैल वाले भाग में घाटी खड़े ढाल वाली तथा अधिक गहरी होगी। इस विपरीत मुलायम शैल वाले भाग में घाटी कम ढाल वाली मुली और चौड़ी होगी। यदि यह स्थिति एक माव (अर्थात् एक कटोरा शैल के तुरन्त बाद मुलायम शैल भाग तथा पुनः कटोरा शैल भाग हो) हो तो घाटी का गहरा तथा मैकुरा रूप और मुला तथा विस्तृत रूप एक माव विकसित हो सकता है। चित्र 239 से यह स्पष्ट हो जाता है।

2 असममित अनुप्रस्थ घाटी के संरचनात्मक नियन्त्रण का प्रभाव संरचनात्मक सोपानों (Structural benches) में स्पष्ट रूप में परिलक्षित होता है। यदि घाटी में कटोरा तथा मुलायम चट्टानों के स्तर क्षैतिज रूप में एकान्तर क्रम से (Alternately) बिछे हों (अर्थात् एक कठोर शैल-स्तर के बाद मुलायम शैल स्तर, पुनः कठोर शैल-स्तर आदि) तो मुलायम चट्टानें शीघ्र कट जाती हैं, परन्तु प्रतिरोधी चट्टानें निकली रहती हैं। इस तरह सीढ़ीनुमा घाटी का निर्माण होता है। इसे घाटी सोपान (Valley benches) कहते हैं। यह स्थिति

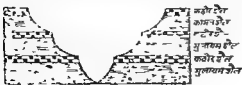


चित्र 239—नदी-घाटी के विकास में शैल (सरचना) का प्रभाव । ममानान्तर रेखायें कठोर शैल को तथा बिन्दुदार भाग कोमल शैल को प्रदर्शित करते हैं ।

स्थानीय होती है तथा सभ्यता दूरी तक सम्भव नहीं होती है । कभी-कभी ये सोपान घाटी के एक किनारे पर हो सकते हैं तथा दूसरे पर नहीं भी हो सकते हैं । सरचनात्मक सोपानों को जलोढ़ वेदिकाओं ((Alluvial terraces) से अलग ही समझना चाहिये, क्योंकि प्रथम में एक मात्र सरचना का ही नियन्त्रण रहता है, जबकि दूसरे में नदी के नवीन्येय आदि का प्रभुत्व होता है ।

3 भ्रमण की क्रिया द्वारा घाटी के किनारों में असमानता आ जाती है । उदाहरण के लिये दरार के कारण यदि घाटी के किनारे पर कड़ी शैल की उपस्थित हो गई है तथा उसके सामने अर्थात् दूसरे किनारे पर मुलायम शैल है तो जठोर शैल वाले किनारे की अपेक्षा मुलायम शैल वाले किनारे का अपरदन अधिक होगा तथा घाटी की अनुप्रस्थ परिच्छेदिका में असमानता आ जाती है ।

4 जब किसी स्थल-खण्ड में चट्टानों के स्तर का झुकाव समान कोण पर होता है तो उसे समनतीय संरचना (Uniclinal or homoclinal structure) या एकदिशित संरचना कहते हैं । इस प्रकार की संरचना का



चित्र 240—सरचनात्मक सोपान (Structural Benches) ।

1. समनतीय (Uniclinal or Homoclinal) के लिए केन्द्रीय सरकार द्वारा प्रकाशित 'विज्ञान शब्दावली' में "एकदिशित" शब्द का प्रयोग किया गया है । समनतीय अर्थात् समान झुकाव वाले, दोनों शब्द समानार्थक ही हैं ।



चित्र 241—जलोढ़ वेदिका (Alluvial Terraces)

प्रभाव खासकर जब घाटी सरचना के तत्ति लम्ब (Strike) के समानान्तर होती है तो घाटी की अनुप्रस्थ परिच्छेदिका के रूप पर अधिक होता है । जब ऐसी सरचना पर घाटी का विकास होता है तो निरन्तर घाटी का स्तर की नति (Dip of the beds) के सहारे क्रमशः नीचे की ओर स्थानान्तरण होता रहता है । इस प्रकार घाटी का एक किनारा मन्द ढाल वाला तथा दूसरा किनारा तीव्र ढाल वाला होता है । इस क्रिया को (अर्थात् नति के सहारे घाटी के नीचे भ्रमण की क्रिया) "समनतीय स्थानान्तरण" या 'एकदिशित स्थानान्तरण' (Uniclinal or homoclinal shifting) कहते हैं ।

5 घाटी की अन्तिम अवस्था में नदी-विसर्प के ढालों पर असमान अपरदन के कारण अनुप्रस्थ परिच्छेदिका के रूप पर अधिक प्रभाव होता है । उदाहरण के लिए नदी-विसर्प के दो विपरीत किनारों—अवतल तथा उत्तल—पर असमान अपरदन होने से घाटी का स्वरूप असमान होता है ।

6 यदि घाटी का विस्तार पूर्व पश्चिम दिशा में है अर्थात् यदि एक किनारा दक्षिण दिशा की ओर और दूसरा उत्तर दिशा की ओर है तो जलवायु सम्बन्धी विभिन्नता के कारण दोनों ढालों पर अपरदन तथा अपक्षय असमान होगा जिससे घाटी के दो ढालों में पर्याप्त असममिति होगी ।

3 घाटी का लम्बा होना (Lengthening of Valley)

उपर्युक्त दो विधियों में घाटी की गहराई तथा चौड़ाई में विकास की विभिन्न प्रक्रियाओं का उल्लेख किया गया है । नदी न केवल अपनी घाटी को गहरा तथा चौड़ा करती है, बल्कि वह अपने मार्ग में लम्बायिक

विस्तार भी करती है। प्रत्येक वर्तमान नदी अपने आविर्भाव-काल में इतनी ही लम्बी नहीं थी। नदियों का वर्तमान रूप उनका विकसित रूप है न कि मौलिक। नदी की घाटी का लम्बात्मक विकास कई रूपों में सम्पन्न होता है।

(i) घाटी के लम्बा होने की क्रिया नदी द्वारा शीर्ष-अपरदन से अधिक प्रभावित होती है। यह तो निश्चित ही है कि नदियाँ ऊँचे ढालों से निकल कर निचले ढाल की ओर प्रवाहित होती हैं। इस स्थिति के कारण ऊपरी घाटी का ढाल अधिक होता है। इस भाग में नाली आदि का जन खड्डों (Ravines) से होकर नदी में आता है। अपक्षय तथा अवपातन (Slumping) के कारण खड्डों का शीर्ष कटकर विस्तृत होता रहता है जिस कारण नदी की लम्बाई पीछे की ओर अर्थात् उद्गम की ओर बढ़ती जाती है। यदि घाटी के शीर्ष भाग पर जलस्रोत या चश्मों का आविर्भाव होता है तो घाटी शीर्ष भाग की ऊपरी शैल जल से संपृक्त हो जाती है। घोलनीकरण की क्रिया द्वारा घुलनशील पदार्थ घुलकर अलग हो जाते हैं, जिस कारण बट्टान वियोजित होकर जलस्रोत वाले भाग में अवपातन के रूप में नीचे सरकने लगती है। इससे घाटी का शीर्ष ढाल अधिक खड़ा हो जाता है। परिणामस्वरूप भीर अधिक अवपातन होने से घाटी का शीर्ष पीछे की ओर हटता जाता है। इसका तात्पर्य यह नहीं है कि भूपटन की समस्त वर्तमान नदियाँ अपनी प्रारम्भिक छोटी अवस्था से शीर्ष-अपरदन की क्रिया से अपनी वर्तमान लम्बाई को प्राप्त हुई हैं। यह क्रिया छोटी नदियों के पक्ष में अधिक लागू होती है। घासकर मुख्य नदी की सहायक नदियाँ शीर्ष-अपरदन द्वारा अपनी लम्बाई का विकास कर लेती हैं।

(ii) शीर्ष अपरदन द्वारा गरिता-अपहरण की क्रियाएँ प्रायः होती रहती हैं। जब एक सक्रिय नदी या उसकी सहायक नदी दूसरी कम सक्रिय नदी या उसकी सहायक नदी का शीर्ष अपरदन द्वारा अपहरण कर लेती है तो निश्चय ही अपहरणकर्ता (Captor) नदी की लम्बाई बढ़ जायेगी।

(iii) नदी अपनी अन्तिम अवस्था में अर्थात् पेनी-प्लेन पर प्रायः समतल भाग होने के कारण बड़े-बड़े मोड़ों में विसर्प बनाकर प्रवाहित होती है। इससे घाटी अत्यन्त घुमावदार हो जाती है। फनम्बरूप घाटी की वास्तविक लम्बाई में विस्तार हो जाता है। सरसरी निगाह से देखने पर विसर्प वाली नदी की लम्बाई का

आभास नहीं हो सकता है, जब तक कि उसके घुमावों या विसर्पों की लम्बाई का पता न लगाया जाय। नदी की घाटी की चौड़ाई की अपेक्षा एक विसर्प की द्विगुण की लम्बाई 15 से 18 गुना अधिक होती है।

(iv) यदि सागर-तट के पास कुछ सागरीय स्थान का निर्गमन हो जाय तो नदी शीघ्र उसे काट करके अपना मार्ग नये सागर तट तक बना लेगी। फलस्वरूप नदी की घाटी की लम्बाई बढ़ जायेगी। इसे मुख-अपरदन (Mouthward erosion) द्वारा घाटी का विकास कहा जा सकता है।

(v) नदियाँ अपने साथ लाये हुए मलबा का सागर या झील (जिसमें भी नदी गिरती है) में निक्षेप करती हैं तथा डेल्टा का निर्माण करती हैं। यह डेल्टा निरन्तर सागर की ओर बढ़ता जाता है, जिससे नदी की लम्बाई में विस्तार होता है। नील नदी ने इस विधि (मुख-प्रसार) द्वारा अपने मार्ग को सैकड़ों किलोमीटर तक सागर की ओर बढ़ा लिया है। विसासीसी नदी ने प्लीस्टोसीन युग से वर्तमान समय तक डेल्टा द्वारा अपने मुहाने का सागर की ओर 200 किलोमीटर तक विस्तार कर लिया है। बंगाल की खाड़ी में गंगा नदी ने भी डेल्टा द्वारा अपना पर्याप्त विस्तार कर लिया है। उदाहरण के लिये एक समय ऐसा था जब कि कलकत्ता नगर की स्थिति सागर-तट (बंगाल की खाड़ी) पर थी। गंगा तथा ब्रह्मपुत्र नदियों के डेल्टा का निरन्तर नागर की ओर विस्तार होता गया। इसी कारण से वर्तमान समय में कलकत्ता शहर सागर से 24 से 32 किलोमीटर दूर स्थल की ओर स्थित है।

### घाटियों का वर्गीकरण (Classification of Valleys)

सामान्य परिचय—घाटियों का सामान्य अर्थ उन ऋणात्मक स्थलरूपों से होता है, जिनसे होकर नदियाँ प्रवाहित होती हैं। ऋणात्मक स्थलरूप का तात्पर्य समीपी सतह से निम्न भाग में होता है। कुछ विद्वानों ने खासकर ब्रानसन (1932) ने घाटी तथा गरिता को एक ही अर्थ में लिया है, परन्तु मूढम दृष्टि से देखने पर घाटी तथा गरिता का एक ही अर्थ में प्रयोग करना उचित नहीं होगा। गरिता से हमारा तात्पर्य होता है उसमें बहने वाले जल की मात्रा, जल-वहाय की दिशा, प्रवाह-गति तथा प्रवाहित होने वाले जल के अपरदन-त्मक, परिवहन एवं निक्षेपात्मक कार्य, परन्तु घाटी से हम उसकी गहराई, चौड़ाई, ढाल आदि का अर्थ लेते हैं। साथ ही साथ घाटी एवं उसकी संरचना में सम्बन्ध

का भा अध्ययन करते हैं। घाटियों के कक्षा-नदीभाजन में जानसम महोदय ने सफल प्रयास किया है, परन्तु स्थान-स्थान पर उनके वर्गीकरण में सशोधन की आवश्यकता है। नीचे घाटियों का वर्गीकरण विभिन्न आधारों पर किया जा रहा है।

1. भ्वावृत्तिक चक्र की अवस्था के आधार पर (According to Stages of the Geomorphic Cycle)—नदियों एवं घाटियों का विकास अचानक नहीं होता है बल्कि सरचना तथा प्रक्रम के महयोग से विभिन्न क्रमिक अवस्थाओं में होता है। अपरदन-चक्र की युवा-वस्था, प्रौढ़ावस्था तथा जर्णवस्था की तीन अवस्थाओं के आधार पर घाटियों का विकास भी उपर्युक्त अवस्थाओं में होता है, परन्तु प्रत्येक अवस्था में घाटी का रूप भिन्न होता है। इस आधार पर घाटियों को तीन वर्गों में रख सकते हैं—

(अ) तरुण घाटी—तरुण घाटी, भ्वावृत्तिक चक्र की प्रथम अवस्था का परिणाम होती है। इस घाटी का निर्माण नदी द्वारा निम्न कटाव द्वारा होता है। घाटी का आकार V अक्षर के समान होता है और उसके किनारे खड़े ढाल वाले होते हैं। घाटी अत्यन्त गहरी तथा संकरी होती है तथा पार्व ढाल उत्तल होते हैं।

(ब) प्रौढ़ घाटी—प्रौढ़ घाटी भ्वावृत्तिक चक्र की प्रौढ़ावस्था में उत्पन्न होती है। इस घाटी का निर्माण नदी द्वारा अंतिज अपरदन द्वारा होता है। घाटी का V आकार चौड़ा हो जाता है तथा किनारे वाली दीवारों के ढाल कम हो जाते हैं। घाटी ऊपरी तथा तली वाले दोनों भागों में चौड़ी रहती है। घाटी पार्व ढाल सरल-रेखी (rectilinear) होते हैं।

(स) जर्ण घाटी—यह घाटी भ्वावृत्तिक चक्र की अन्तिम अवस्था का परिणाम होती है। इसका निर्माण नदी के विसर्पण-क्रिया तथा अंतिज अपरदन द्वारा होता है। घाटियाँ अत्यधिक चौड़ी एवं विस्तृत होती हैं। घाटी-पार्व ढाल अवतल होते हैं।

2 अनुवर्तित वर्गीकरण (Genetic Classification) सर्वप्रथम फावेल महोदय ने 1875 ई० में ढाल के अनुसार उत्पन्न होने वाली अनुवर्ती घाटी (Consequent valley) का उल्लेख किया। तदनंतर बेसिन महोदय ने दम विभाजन का प्रयोजन विस्तार-क्रिया एवं दम विभाजन के अनुसार घाटियों को अनुवर्ती, परवर्ती, प्रत्यनुवर्ती, नवानुवर्ती, अक्रमवर्ती आदि प्रकारों में विभाजित किया। इनमें प्रमुख घाटी के निर्माण के बाद अन्य

घाटियों का क्रमिक विकास होता है तथा प्रत्येक घाटी प्रमुख घाटी से सम्बन्धित होती है।

(i) अनुवर्ती घाटी (Consequent Valleys)—यह किसी स्थान की प्रमुख घाटी होती है, जिसका आविर्भाव सर्वप्रथम होता है। इस घाटी का विकास ढाल के अनुरूप होता है। इसी से इस घाटी को अनुवर्ती कहते हैं। चूँकि यह घाटी ढाल की नति के सहारे विकसित होती है, अतः इसे नति घाटी या डिप घाटी (Dip valley) भी कहते हैं। ढाल के अनुरूप विकसित होने के कारण इसे स्वभावोद्भूत घाटी कहते हैं। नवीन उत्थित भाग, ज्वालामुखी शृङ्खला के ढाल, तटीय मैदान आदि में इन घाटियों का आविर्भाव होता है।

(ii) परवर्ती घाटी (Subsequent Valleys)—अनुवर्ती घाटी के निर्माण के बाद ढाल के नति-लम्ब (Strike) के सहारे उत्पन्न घाटी को परवर्ती इसलिए कहते हैं कि इनका विकास प्रमुख अनुवर्ती के बाद होता है। इसी कारण इन्हें अन्तरोद्भूत घाटी भी कहते हैं। ढाल के नति-लम्ब के सहारे उत्पन्न होने के कारण इन्हें नति-लम्ब घाटी या स्ट्राइक घाटी (Strike valley) भी कहते हैं। परवर्ती घाटियाँ अनुवर्ती घाटियों में प्रायः सम-कोण पर मिलती हैं। कभी-कभी इन्हें लम्बात्मक या अनुदैर्घ्य घाटी (Longitudinal valley) भी कहा जाता है। यह घाटी चौड़ी तथा खुली होती है।

(iii) प्रत्यनुवर्ती घाटी (Obsequent Valleys)—परवर्ती घाटियों के निर्माण के बाद उनमें प्रवाहित होने वाली सरिता की सहायक सरिताओं का निर्माण होता है जिनके कारण परवर्ती घाटी की दो प्रकार की सहायक घाटियों का आविर्भाव होता है। जिस घाटी से होकर नदी का जल मुख्य अनुवर्ती घाटी की सरिता में विपरीत दिशा से होकर प्रवाहित होता है, उसे विलोम या प्रत्यनुवर्ती घाटी कहा जाता है। सरिता-अपहरण द्वारा प्रायः ऐसी घाटियों का निर्माण अधिक होता है। रुद्धित नदी (Behaded river) की घाटी इसकी प्रमुख उदाहरण है।

(iv) नवानुवर्ती घाटी (Rescquent Valleys) —जिस परवर्ती घाटी की सहायक घाटी से जल प्रमुख अनुवर्ती की दिशा में अनुरूप प्रवाहित होता है, उस घाटी को नवानुवर्ती घाटी इसलिए कहते हैं कि यह घाटी मुख्य अनुवर्ती के बाद उत्पन्न होती है तथा उसी दिशा में मिलती है। यह घाटी भी परवर्ती घाटी में समकोण पर मिलती है। उपर्युक्त चारों घाटियाँ ढाल के अनुरूप होती हैं।

(v) अक्रमवर्ती घाटी (Insequent Valleys)—उपर्युक्त चार घाटियों के विपरीत जो घाटियाँ न तो मूल-खण्ड की संरचना से ही प्रभावित होती हैं और न उनके ढाल में, उन्हें अक्रमवर्ती घाटियाँ कहते हैं। इन घाटियों का निर्माण प्रायः संयोगवश हुआ करता है। अधिकांश मजालीय परतदार या आग्नेय शैलों (Homogeneous sedimentary or igneous rocks) पर इन घाटियों का विकास होता है। न्यूजीलैंड की वांगानुई नदी (Wanganui) की घाटी इसी प्रकार की है।

3 संरचना के नियन्त्रण के आधार पर वर्गीकरण (According to the Controls of the Structure)—संरचना में यहाँ पर हमारा तात्पर्य भूगर्भीय संरचना के प्रकारों से है। इनमें एकदिगन्त संरचना (Homoclinal structure), अपनति, अभिनति, भ्रग्न तथा भ्रग्न-रेखा (Fault line) को सम्मिलित किया जाता है।

1 एकदिगन्त संरचना में चट्टानों के स्तर समान कोण पर एक ही दिशा में झुक रहे हैं। ऐसी संरचना में नदियाँ अपनी घाटी का विकास स्तर के नति-सम्य के सहारे करती हैं तथा नति के सहारे घाटियाँ नीचे की ओर सरकती जाती हैं। इस क्रिया को एकदिगन्त स्थानान्तरण (Uniclinal shifting) कहते हैं। इस प्रक्रिया द्वारा एकदिगन्त संरचना में उत्पन्न घाटी को एकदिगन्त घाटी (Homoclinal or uniclinal valley) कहते हैं। इस घाटी के दोनों किनारे असमान ढाल वाले होते हैं। इन्हें परवर्ती या नतितन्त्र घाटी (Strike valley) का ही रूप मानना चाहिये। जूरा पर्वत, अल्प्सियन पर्वत और राकी पर्वत में एकदिगन्त घाटियों के अनेक उदाहरण मिलते हैं। 2 अपनतियों के ऊपर अपनति के अक्ष के सहारे निर्मित घाटियों को अपनति घाटी (Anticlinal valleys) कहते हैं। 3 अभिनति के अक्ष के सहारे निर्मित घाटी को अभिनति घाटी (Synclinal valley) कहते हैं। इसी तरह भ्रग्न से उत्पन्न निम्न भागों (Depression) से प्रभावित होने वाली नदी की घाटी को र्छा घाटी (Rift valley) तथा भ्रग्न रेखा के सहारे निर्मित घाटी को भ्रग्नरेखा घाटी (Faultline valley) कहते हैं। कभी-कभी संरचनात्मक सन्धियों या जोड़ों के सहारे छोटी-छोटी घाटियों का आविर्भाव हो जाता है इन्हें संधि घाटी (Joint valley) भी संज्ञा प्रदान की जाती है। दामोदर, सोन, नर्मदा तथा ताप्ती नदियों की घाटियाँ भ्रग्न घाटी की उदाहरण हैं।

4 संरचना की दिशा के आधार पर वर्गीकरण

(According to Structural Trends)—कभी-कभी घाटियों का विकास स्थलखंड की सरचना की दिशा के आर-पार हो जाता है। इस दशा में घाटियों का विकास ढाल तथा संरचना के अनुप्रस्थ दिशा में हो जाता है। इस प्रकार की घाटियों को अक्रमवर्ती घाटी (Insequent valleys) कहते हैं। ये घाटियाँ प्रायः वन या भ्रग्न के आर-पार होती हैं। इनको दो वर्गों में विभजित किया जाता है—

(i) पूर्ववर्ती घाटी (Antecedent Valleys)—यदि किसी स्थलखंड में बलन या भ्रग्न पठे या उन्नत होने से पहले ही घाटी का विकास हो जाता है तथा बीच में स्थानीय उत्थान होने के बाद भी यदि घाटी में बहने वाली नदी उत्पित भाग को राट कर अपने पहले वाले मार्ग का अनुसरण करती है तो इस प्रकार घाटी उत्थान के बाद, बही होती है जो कि उनके पहले थी। ऐसी घाटियों को पूर्ववर्ती घाटियाँ कहते हैं।

(ii) पूर्वोत्थित घाटी (Superimposed Valleys)—जब किसी स्थलखंड पर ऊपरी आवरण शैल बाद कर परतदार शैल के क्षितिज आवरण के नीचे विभिन्न संरचना वाली शैल होती है, उदाहरण के लिए एक बड़ो शैली की अपनति को माना जा सकता है तथा जब ऊपरी संरचना पर घाटी का विकास हो जाता है तो निचली कड़ी चट्टान वाली विभिन्न संरचना पर भी पड़े निर्मित घाटी के समान ही घाटी का निर्माण हो जाता है। यहाँ पर घाटी के विकास में संरचनात्मक नियन्त्रण नहीं होता है। यदि विभिन्न संरचना वाली शैल जो कि परतदार आवरण शैल के नीचे है, ऊपर रही होती तो घाटी का स्वरूप निम्न हो सकता था, परन्तु इस स्थिति में निचली संरचना पर भी घाटी का वही रूप होगा जो कि ऊपरी आवरण शैल पर है अर्थात् ऊपरी आवरण शैल पर निर्मित घाटी का निचली संरचना पर आरोपण कर दिया गया है। इस प्रकार की घाटियों को पूर्वोत्थित घाटियाँ कहते हैं।

5. आधार-तल में परिवर्तन के आधार पर वर्गीकरण (Classification according to the changes of base-level)—नदियों की घाटियों का विकास मुख्य रूप से आधार-तल के अनुसार हुआ करता है तथा सागर-तल की नदियों की घाटियों का सामान्य आधार-तल मानते हैं, जैसे क्षीय आदि भी आधार-तल होती हैं। सागर तल में प्रायः परिवर्तन हुआ करता है, अर्थात् सागर-तल में वृद्धि या चढ़ाव (Rise) उपा उतार या ह्रास (Fall) हुआ

अन्तिम सीमा निर्धारित होती है। इसका यह तात्पर्य नहीं है कि नदी द्वारा उत्पन्न वक्र इस सागर-तल अर्थात् आधारतल के बराबर हो जाय। सागर-तल, आधार-तल का कार्य इस रूप में करता है कि नदी के मुहाने के पास अर्थात् नदी की निचली घाटी में अपरदन सागर-तल (आधार-तल) के नीचे नहीं हो सकता। नदी के उद्गम स्थल को और अपरदन का तल मुहाने की अपेक्षा ऊँचा होता जाता है, क्योंकि नदी के मार्ग में ढाल का होना आवश्यक है ताकि जल-प्रवाह अविरल गति से चल सके। नदी का वक्र एक मीठी रेखा में भी नहीं होता है, क्योंकि नदी की ऊपरी घाटी में जल तथा बोज़ की कमी के कारण अपरदन कम होता है। इसी तरह नदी के निचले भाग में मन्द गति तथा कम ढाल के कारण अपरदन कम होता है। केवल नदी के मध्यवर्ती मार्ग में दोनों स्थितियों (पर्याप्त ढाल अतः तीव्र प्रवाह तथा पर्याप्त बोज़) के कारण अपरदन सर्वाधिक होता है। इसी कारण से नदी का वक्र एक निष्कीण वक्र होता है। जब नदी अपने मार्ग में इतना ढाल बना लेती है कि उससे उत्पन्न जलधारा का वेग, नदी-बोज़ का परिवहन करने में समर्थ हो जाय तो उसे प्रवणित या क्रमबद्ध वक्र (Graded curve) कहते हैं। नदी ऐसे वक्र का निर्माण अपने उद्गम से मुहाने तक करना चाहती है ताकि परिवहन किये जाने वाले बोज़ और परिवहन सामग्री में सन्तुलन स्थापित हो जाय।

नदी के क्रमबद्ध वक्र की स्थिति की प्राप्ति की अवस्थाओं में पहले "Grade" "क्रम" शब्द का स्पष्टीकरण करना आवश्यक है। श्रेष्ठ का जब "भू-आकृति-विज्ञान" में शब्दावली के रूप में प्रयोग किया जाता है तो उसका तात्पर्य "प्रवणता" (Gradient—ढाल परिवर्तन) या 'ढाल' में नहीं होता। श्रेष्ठ का तात्पर्य यहाँ पर नदी की तली के अवरोहण के अविच्छिन्न या क्रमबद्ध वक्र (Continuous curve of descent of a stream floor) से होता है जो कि सर्वत्र इतना ढालू होता है कि नदी का प्रवाह हो सके तथा जलधारा, बोज़ का परिवहन कर सके। इस अवस्था में यह कहा जाता है कि नदी प्रवणित या क्रमबद्ध (Graded) हो गई है। इस तरह "श्रेष्ठ शब्द" में ढाल की प्राप्ति नहीं होती चाहिये क्योंकि नदी ढाल से होकर प्रवाहित होती है तथा प्रत्येक नदी के मार्ग में ढाल प्रवणता (Slope gradient) होती है। इस ढाल प्रवणता का अंग में, प्रतिगल में या प्रति किलोमीटर पर 1 फीटमीटर के रूप में प्रदर्शित किया जा सकता है।

## नदी के मार्ग की क्रमबद्धता (Grading of the River Channel)

उपर्युक्त विवरण के आधार पर यह स्पष्ट हो गया है कि नदी की क्रमबद्धता या प्रवणता नदी की परिवहन-सामग्री तथा नदी-बोज़ के बीच एक पूर्ण सन्तुलन की स्थिति होती है। अर्थात् नदी के प्रत्येक मार्ग में नदी की सामग्री इतनी होती है कि वह नदी-बोज़ का परिवहन कर सके। साधारण तौर पर इसे हम इस रूप में भी कह सकते हैं कि नदी का वेग इतना हो कि अपरदन तथा निक्षेप-वर्ण सन्तुलित हो जाय। यदि यह अवस्था नदी के हर भाग में मिलती हो तो वह नदी प्रवणित या क्रमबद्ध नदी (Graded river) कही जायेगी। यह स्थिति अचानक नहीं प्राप्त हो जाती है वरन् धीरे-धीरे क्रमिक रूप में प्राप्त होती है। नदी के क्रमबद्ध मार्ग की प्राप्ति के लिये केवल ढाल-प्रवणता ही आवश्यक नहीं होती है वरन् इसके लिए नदी के जल के आयतन, ढाल तथा जलधारा के वेग और बोज़ के बीच समायोजन का होना अति आवश्यक है। उदाहरण के लिये नदी-बोज़ में विभिन्नता को लेकर समायोजन की महत्ता को समझा जा सकता है।

यदि नदी-मार्ग के किसी भाग में बोज़ या परिवहन सामग्री की पूर्ति में कमी आ जाती है तो अपरदन के लिए अधिक शक्ति प्राप्त हो जाती है जिससे घाटी का निम्न कटाव बढ़ जाता है। परिणामस्वरूप ढाल में कमी होने लगती है। यह स्थिति तब तक चलती रहती है जब तक कि निम्न कटाव द्वारा प्राप्त बोज़ का नदी के निचले भाग में परिवहन होता रहता है। इस स्थिति को, जब भी अपरदन निक्षेप से अधिक होता है या निम्नीकरण (Degradation) निक्षेप में अधिक होता है, निम्नीकरण की अवस्था (Stage of degradation) या अवनतावस्था कहते हैं। इसमें नदी का ढाल सामान्य ढाल में कम हो जाता है। इस स्थिति के विपरीत यदि नदी की परिवहन सामग्री की अपेक्षा बोज़ की मात्रा बढ़ जाय तो नदी समस्त मलबा या बोज़ का परिवहन करने में समर्थ नहीं हो पायेगी। परिणामस्वरूप नदी के वेग की सामग्री में अधिक बोज़ का निक्षेप होने लगेगा। इस स्थिति के कारण नदी का ढाल उँचा होने लगता है तथा यह ढाल तब तक बढ़ता जाता है जब तक कि यह इतना न हो जाय कि उसमें उत्पन्न नदी-वेग समस्त बोज़ का परिवहन कर सके। इस अवस्था को, जबकि निक्षेप अपरदन से अधिक होता है, अधिवृद्धि की अवस्था या उन्नतावस्था



(Stage of aggradation) कहते हैं। अन्त में एक ऐसी अवस्था आ जाती है जब कि ढाल इतना हो जाता है कि समस्त बोझ का परिवहन हो जाता है। इस तरह नदी-वेग या परिवहन-सामर्थ्य तक बोझ जाने वाले बोझ में समायोजन हो जाता है। नदी को परिवहन सामर्थ्य में अन्तर, नदी के जल के आयतन तथा ढाल प्रवणता में भी हो सकता है। परिणामस्वरूप ढलतावस्था या अवतार-वस्था की स्थितियाँ आ सकती हैं। उदाहरण के लिए यदि नदी-बोझ तथा ढाल समान रहें तो जल के आयतन में वृद्धि के कारण नदी का वेग बढ़ जाने में परिवहन सामर्थ्य बढ़ जायेगी, फलस्वरूप अपरदन अधिक होने में अवतार-वस्था आ जायेगी परन्तु आयतन कम होने पर नदी का वेग कम हो जायेगा, इसकी परिवहन सामर्थ्य कम हो जायेगी और निक्षेप अधिक होगा। परिणामस्वरूप ढलतावस्था का आविर्भाव होगा। इसी तरह यदि बोझ तथा आयतन समान रहें तो ढाल अधिक होने पर नदी का वेग बढ़ जायेगा, परिवहन सामर्थ्य में वृद्धि हो जायेगी तथा अपरदन अधिक होने में अवतार-वस्था आ जायेगी। परन्तु ढाल कम हो जाने में, नदी का वेग कम हो जायेगा परिवहन-सामर्थ्य घट जायेगी तथा निक्षेप अधिक होने में ढलतावस्था आ जायेगी। इस तरह निक्षेप के रूप में यह कहा जा सकता है कि जब नदी का वेग या परिवहन-सामर्थ्य तथा परिवहन-सामग्री (Load-बोझ) में समायोजन या समतुलन की अवस्था हो जाती है तो नदी का मार्ग प्रवणित या क्रमबद्ध कहा जाता है। इस स्थिति के कारण नदी-मार्ग का ढाल जब उद्गम से शीर्ष तक इतना रहता है कि बोझ का परिवहन हो नके तो नदी-मार्ग के उत्पन्न शून्य को प्रवणित वक्र (Graded curve) कहते हैं। यह क्रमबद्ध वक्र अवतार होता है तथा एक निरन्तर वक्र (Smooth curve) के रूप में होता है। इस प्रकार क्रमबद्ध नदी की दीर्घ या अनुदैर्घ्य परिच्छेदिका को क्रमबद्ध परिच्छेदिका (Graded profile) कहते हैं। जब नदी में उद्गम से लेकर मुहाने तक क्रमबद्धता आ जाती है, तो सर्वत्र अपरदन तथा निक्षेप में समायोजन या समतुलन हो जाता है। इस प्रकार की क्रमबद्ध नदी की अनुदैर्घ्य परिच्छेदिका को समतुलन की परिच्छेदिका या साम्यावस्था की परिच्छेदिका (Profile of equilibrium) कहते हैं।

मैकीन महोदय (1948) ने क्रमबद्ध नदी तथा क्रमबद्ध वक्र के विषय में उपर्युक्त विवरण में मिलते-जुलते विचारों का समन्वय किया है। मैकीन के अनुसार क्रमबद्ध नदी

यह है, जिसमें कुछ समय बाद ढाल इतना हो जाता है कि नदी का वेग, नदी के बोझ को ढाल में समर्थ हो जाता है। क्रमबद्ध नदी साम्यावस्था की एक व्यवस्था होती है तथा इसे नियन्त्रित करने वाले कारकों (आयतन, ढाल तथा नदी-वेग एवं बोझ) में घटी भी व्यवस्था होने में, साम्यावस्था की दशा विभ्रुत हो जाती है। मैकीन मैकीन के विचार को उनकी के शब्दों में उद्धृत किया जा रहा है।

A graded stream is one in which over a period of years, slope is directly adjusted to provide with available discharge and with prevailing channel characteristics, just the velocity required for transportation of load supplied from the drainage basin. The graded stream is a system in equilibrium, its diagnostic characteristic is that any change in any of the controlling factors will cause a displacement of the equilibrium in a direction that will tend to absorb the effect of change" J. H. Mackin, 1948.

मैकीन महोदय ने पुन बताया है कि क्रमबद्ध नदी का तात्पर्य अधिक या कम ढाल-प्रवणता में नदी होता है। नदियाँ क्रमबद्ध हो सकती हैं परन्तु उनकी ढाल-प्रवणता अधिक हो सकती है कम भी हो सकती है। मनुक राज्य अमेरिका के बायोमिंग प्रांत की शोशोन नदी (Shoshon River) एक क्रमबद्ध नदी है जिसकी ढाल प्रवणता प्रति मील 30 फीट है। यह उच्च प्रवणता पर क्रमबद्ध सरिता (Graded stream of a high gradient) की उदाहरण है। इनके विपरीत इनीनोइस नदी की ढाल-प्रवणता प्रति किलोमीटर पर 3 सेंटीमीटर है। इस तरह यह नदी कम प्रवणता पर क्रमबद्ध सरिता की उदाहरण है। उच्च तथा निम्न प्रवणता के कारण शोशोन नदी 20 से 30 सेंटीमीटर व्यास वाले बौलडर (Boulder) का परिवहन करती है जबकि इनीनोइस नदी केवल बारीक कणों वाली चोका तथा मिट्ट का ही परिवहन कर पाती है।

उपरोक्त विवरण के आधार पर क्रमबद्ध नदी तथा क्रमबद्ध वक्र के विषय में कई महत्व अवधारणाएँ उठ सकती हैं। क्रमबद्ध नदी वास्तव में अपने परिवहन-सामर्थ्य के अनुसार मार्गित (Loaded to the capacity)

नहीं होती है। इसी तरह क्रमबद्ध सरिता ऐसी नदी नहीं होती है, जिनमें न तो अपरदन होता हो और न तो निक्षेप। वास्तव में अपरदन-कार्य नदी के एक भाग में सक्रिय रहता है तथा निक्षेप दूसरे भाग में। अतः क्रमबद्ध नदी का यह अर्थ कदापि नहीं होता है कि उसके प्रत्येक स्थान पर अपरदन तथा निक्षेप कार्य बराबर है। केसेनो महोदय ने क्रमबद्ध सरिता की "भक्तपना" को आलोचना करते हुए बताया है कि क्रमबद्ध का प्रयोग केवल उस नदी के लिये करना चाहिए जिसमें कि सिप्रिका तथा प्रपात (Rapids and waterfalls) की अनुपस्थिति हो। नदी की क्रमबद्धता (Grading) के समय यह उपाय बताया गया है कि नदी की परिवहन-सामर्थ्य तथा बोज में सन्तुलन या समायोजन होना चाहिए। यहाँ पर सवाल उठता है, समायोजन किनसे? शक्ति में या मात्रा में?

सामान्य रूप में इस प्रश्न के उत्तर में नदी की परिवहन सामर्थ्य या कार्य करने की सामर्थ्य तथा परिवहन किये जाने वाले बोज के बीच साम्यावस्था को बताया जाता है। इस आधार पर यह विश्वास किया जाता है कि यदि बोज में कमी आ जाय तो नदी की शक्ति का कुछ भाग, जो पहले बोज को ढोने में नियुक्त था, अब बच जायेगा जिससे अपघर्षण (Corrasion) की मात्रा बढ़ जायेगी। इस अवधारणा से यह भी निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि यदि नदी में ढोने के लिये बोज की पूर्ण अनुपस्थिति हो तो नदी की अपघर्षण की सामर्थ्य (Corrasive capacity) सर्वाधिक हो जायेगी। परन्तु यह अवधारणा भ्रामक है। केवल नदी का वेग तथा परिवहन-बोज की मात्रा ही अपरदन या निक्षेप को प्रभावित तथा नियंत्रित नहीं करते हैं। इस तरह परिवहन से बची शक्ति ही अपघर्षण का कारक नहीं हो सकती है वरन् अपघर्षण में परिवहन-सामग्री के कणों के आकार तथा स्वभाव का भी पर्याप्त प्रभाव होता है।<sup>1</sup> बोज के अभाव में अपरदन नगण्य होता है। नदी के ऊपरी भाग में बोज की कमी तथा नदी-वेग की अधिकता के होते हुए भी अपरदन कम होता है। इसी तरह नदी के निचले भाग में बोज की अधिकता परन्तु ढाल एवं नदी-वेग में कमी के कारण अपरदन कम होता है। इन दो दशावस्थाओं के विपरीत नदी के मध्यवर्ती भाग में पर्याप्त नदी-बोज, पर्याप्त वेग तथा प्रवाह एवं परिवहन के लिये आवश्यक

ढाल की उपलब्धि के कारण सर्वाधिक अपरदन होता है। इसी कारण नदी का अपरदन-तल एक सीधी रेखा में न होकर वक्र के रूप में होता है। चूँकि नदी के निचले भाग से ऊपर की ओर अपरदन बढ़ता जाता है, अतः यह वक्र भी ऊपर की ओर अवतल होता है। बीच का अत्यधिक अपरदन ही इस ढाल को अवतल बनाता है, अन्यथा यह उत्तल (Convex) होता है।

### क्रमबद्ध वक्र की प्राप्ति तथा संतुलित परिच्छेदिका (Graded Curve & Profile of Equilibrium)

ऊपर यह स्पष्ट किया जा चुका है कि जब नदी क्रमबद्ध हो जाती है तो उसकी दीर्घ या अनुदैर्घ्य परिच्छेदिका को साम्यावस्था या सन्तुलन की परिच्छेदिका (Profile of equilibrium) कहते हैं। वास्तव में यह अवस्था नदी के क्रमबद्ध अवतल वक्र (Graded concave curve) को प्रदर्शित करती है, जिसमें उद्गम से मुहाने की ओर वक्र का ढाल शून्य-शून्य क्रमानुसार कम होता है। यह स्थिति सैद्धांतिक रूप में सत्य हो सकती है परन्तु प्रायोगिक रूप में पूर्णरूपेण सत्य नहीं हो सकती है। एक नदी का कुछ भाग क्रमबद्ध तथा कुछ भाग अक्रमबद्ध भी हो सकता है। यदि यह मान भी लिया जाय कि नदी की दीर्घ परिच्छेदिका उद्गम से लेकर मुहाने तक क्रमबद्ध हो गई है तो भी इसका वक्र एक निष्पक्ष वक्र कदापि नहीं हो सकता तथा यह वक्र मुहाने की ओर निरन्तर गिरने टान वाला (Decreasing slope) नहीं हो सकता। यह आपत्ति आंशिक रूप में सत्य हो सकती है परन्तु पूर्ण रूप से नहीं। कई कारणों से नदी के क्रमबद्ध वक्र में अव्यवस्था उत्पन्न हो जाती है परन्तु नदी अन्त तक इस अव्यवस्था को दूर करके अपने निष्पक्ष वक्र का विकास कर लेती है। यहाँ पर हम इन अव्यवस्थाओं तथा क्रमबद्ध वक्र के विकास की विभिन्न प्रक्रियाओं का उत्सर्ग करेंगे।

सागर-तल के अनुसार ही नदी की क्रमबद्धता प्रारम्भ होती है। क्रमबद्धता की क्रिया को श्रेणीकरण (Gradation) कहते हैं। सागर-तल, जो कि स्थायी आधार-तल होता है, के अलावा नदी के मार्ग में कई अस्थायी तथा स्थानीय आधार-तल (Temporary and local base levels) भी होते हैं। ये आधार तल, रास्ते में झील, सहायक नदियों के संगम-स्थल तथा प्रतिरोधी

1 Not only the total mass of the load but the size or "calibre" of load are responsible for the corrasive capacity of the stream.

शैलो द्वारा निर्धारित होते हैं। यद्यपि भूतल पर न तो स्थायी आधार-तल सदैव स्थिर तथा निश्चित रहता है न अस्थायी आधार-तल ही, तथापि ये नदी के अन्तिम भाग या मुख भाग में कटाव की अन्तिम सीमा को प्रदर्शित करते हैं। उपर्युक्त विवरण से यह स्पष्ट हो गया है कि आधार-तल नदी के समस्त भाग के नहीं वरन् मुख भाग के पास निम्नतम कटाव को निर्धारित करता है। यह तथ्य भी नदी की परिच्छेदिका को वक्राकार रूप देने में उत्तरदायी है।

उद्गम से मुहाने तक नदी की सामान्य क्रमबद्धता एक लम्बे समय के बाद कई अवस्थाओं में प्राप्त होती है। जब स्थायी सागर-तल समस्त नदी के लिये आधार-तल बन जाता है तथा जब अस्थायी एवं स्थानीय आधारतल सक्रिय नहीं होते हैं तब नदी की सामान्य क्रमबद्धता (General grading) का आविर्भाव होता है। इस स्थिति के पहले नदी के कई भागों में स्थानीय आधार-तल सक्रिय होते हैं। उदाहरण के लिए यदि पहाड़ी भाग में कई नदियों का जल एक झील में एकत्रित होता है तथा पुनः नदियों एवं झील का जल मिलकर एक जलमार्ग के रूप में प्रवाहित होता है तो झील-तल उसके ऊपर प्रवाहित होने वाली नदियों के लिये आधार-तल होता है। यह आधार-तल उस समय समाप्त हो जाता है जब झील या तो भर जाती है या निम्न कटाव द्वारा निचली सरिता में बह जाती है। इसी तरह यदि नदी के मार्ग में कठोर तथा मुलायम चट्टानों के स्तर क्रम में मिलते हैं तो नदी मुलायम शैल को शीघ्र काट डालती है परन्तु कठोर एवं प्रतिरोधी शैल बाहर निकली रहती है। प्रत्येक निकला हुआ प्रतिरोधी भाग अपने ऊपर वाली जलधारा के लिए अस्थायी आधारतल का कार्य करता है क्योंकि इसकी उपस्थिति के कारण निम्न कटाव थोड़े समय के लिए स्थगित होता है। जब पर्याप्त समय में निम्न कटाव द्वारा प्रतिरोधी शैल काट जाती है तो अस्थायी आधार-तल लुप्त हो जाता है। इस तरह के अस्थायी आधार-तल नदी-मार्ग में हो सकते हैं। आधार-तल नदी को कई अस्थायी क्रमबद्ध वक्रों (Temporary graded curves) में विभक्त करते हैं। जब सभी आधार-तलों का पूर्णतया विलयन हो जाता है तो सभी अस्थायी

क्रमबद्ध मिलकर एक समकोण वक्र (Smooth curve) का निर्माण करते हैं।<sup>1</sup> उस रूप में नदी के क्रमबद्ध वक्र का विकास सम्भव होता है। इस तरह के क्रमबद्ध वक्र वाली नदी की अनुदैर्घ्य परिच्छेदिका को समुत्तन या साम्यावस्था की परिच्छेदिका (Profile of equilibrium) कहते हैं।



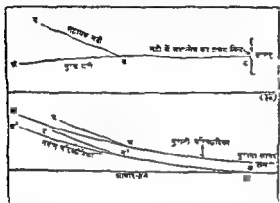
चित्र 242—क्रमबद्ध वक्र का विकास तथा पूर्ण क्रमबद्ध परिच्छेदिका (Graded Profile)।

नदी के क्रमबद्ध वक्र को उद्गम से मुहाने तक प्रायः नियमित (Regular) माना जाता है, जिसका ढाल मुहाने की ओर क्रमशः शून्य-शून्य गिरता जाता है। इस विषय पर विद्वानों में पर्याप्त मतभेद है। कुछ लोग इसे नियमित नहीं मानते हैं। मैकीन महोदय ने बताया है कि क्रमबद्ध नदी में ढाल-प्रवणता (Slope gradient) में पर्याप्त परिवर्तन होगा है। क्रमबद्ध नदी की अनुदैर्घ्य परिच्छेदिका एक ही नियमित वक्र वाली नहीं होती है वरन् कई खण्डों (Segments) से मिलकर बनती है। जहाँ पर दो खण्ड मिलते हैं वहाँ पर उनमें अन्तर आ जाता है परन्तु सभी खण्ड एक प्रणाली के ही व्यवस्थित रूप होते हैं। इनमें से प्रत्येक खण्ड का ढाल इतना होता है कि उसमें उत्पन्न नदी वेग, समस्त बोझ का परिवहन कर सके। इस तरह मैकीन के अनुसार क्रमबद्ध परिच्छेदिका वास्तव में परिवहन का ढाल होती है। यह परिच्छेदिका न तो नदी की अपघर्षण शक्ति (Corrosive power) से प्रभावित होती है न शैल संस्तर (Bedrock) की कठोरता से। मैकीन ने पुनः बताया है कि क्रमबद्ध परिच्छेदिका एक वर्णित वक्र के रूप में नहीं हो सकती है।

एक वास्तविक क्रमबद्ध नदी का वक्र उसी समय नियमित हो सकता है तथा मुहाने की ओर नियमित रूप से सपाट (Flatten regularly down stream) हो सकता है, जबकि नदी का आयतन तथा बोझ की मात्रा एक

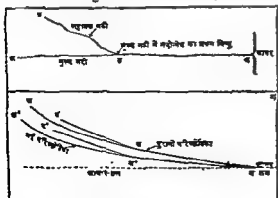
1. यहाँ पर यह स्मरण रखना होगा कि क्रमबद्ध वक्र वास्तविक नदी के मुहाने के पास या आधार-तल-विन्दु के पास सम्पन्न होता है। समय के साथ-साथ यह शीर्ष की ओर अग्रसर होता है तथा एक नम्बी अवधि के बाद समस्त नदी का तल क्रमबद्ध वक्र (Graded curve) हो जाता है। इस तरह नदी की क्रमबद्धता शीर्ष-अग्रसरण (Headward erosion) की क्रिया को भी प्रदर्शित करती है।

जाय। नदी कन्ततः अपरदन द्वारा अधिक ढाल को समाप्त करके प्राथमिक ढाल के साथ समायोजित हो जाती है। चित्र "ख" (244) में अ, ब नदी के प्राथमिक क्रमबद्ध परिच्छेदिका अ<sup>1</sup> ब<sup>1</sup> वक्र द्वारा प्रदर्शित की गई है। वास्तव में यह स्थिति उपर्युक्त स्थिति (चित्र 243) की ही पुनरावृत्ति है। चित्र ख में अ, ब तथा अ<sup>2</sup> ब<sup>2</sup> परिच्छेदिकाओं को ढाल-प्रवणता (Slope gradient) में पूर्ण समानजस्य है। अतः अ<sup>2</sup> ब<sup>2</sup> वक्र पुनर्समायोजित वक्र (Readjusted curve) को प्रदर्शित करता है।



चित्र 244 नदी के मुहाने में नवोन्मेष तथा पुनः-समायोजित परिच्छेदिका (Regraded profile after rejuvenation at the mouth due to fall in sea-level)।

(द) नदी के मध्य भाग में नवोन्मेष (Rejuvenation in the middle course of a stream) जब नदी के मध्य भाग में सहायक नदी द्वारा आवश्यक परिवहन-बोझ (Load) की पर्याप्त पूर्ति नहीं हो पाती है तो सहायक नदी के संगम के नीचे मुख्य सरिता में परिवहन सामर्थ्य के



चित्र 245 नदी के मध्य भाग में नवोन्मेष के कारण क्रमबद्ध वक्र में विक्षुब्धता तथा पुनर्समायोजित परिच्छेदिका (Regraded profile) की प्राप्ति (अ<sup>2</sup> स<sup>2</sup> ब तथा द<sup>2</sup> स<sup>2</sup> ब)।

अनुरूप बोझ न होने के कारण नवोन्मेष आ जाता है तथा अपरदन की मात्रा बढ़ जाती है। इस स्थिति के कारण संगम (Confluence) के नीचे नदी का तल अपरदन के कारण नीचा हो जाता है, फलस्वरूप संगम के ऊपर वाले (नदी के) भाग का ढाल तीव्र हो जाता है। शीर्ष-अपरदन प्रारम्भ हो जाता है और यह तब तक चलता रहता है जब तक कि नदी के शीर्ष भाग का ढाल पहले ढाल के अनुसार समायोजित नहीं हो जाता है। इस तरह समस्त नदी का मार्ग नीचा हो जाता है तथा पहले वाले ढाल की पुनर्व्यवस्था हो जाती है। इस स्थिति में नदी का ढाल मूलतः इतना हो जाता है कि नदी-वेग बोझ का परिवहन कर सके। इस प्रकार नदी का वक्र पुनः क्रमबद्ध (Regraded) हो जाता है। चित्र 245 में पहली अवस्था में मुख्य नदी से एक सहायक नदी स बिन्दु पर मिलती है। नदी की पहली क्रमबद्ध अवस्था में अ, स, ब वक्र मुख्य नदी की क्रमबद्ध परिच्छेदिका को तथा द, स वक्र सहायक नदी की क्रमबद्ध परिच्छेदिका को प्रदर्शित करते हैं। स बिन्दु पर सहायक नदी द्वारा लाये गये बोझ में कमी हो जाने से नदी के स, ब भाग में नवोन्मेष होने से अग्रे अपरदन के कारण नदी-तल के नीचा होने से अ, स, ब क्रमबद्ध वक्र विक्षुब्ध हो गया है। नदी शीर्ष-अपरदन द्वारा अ, स भाग को भी काट कर पहले वाले ढाल के अनुसार बनाती है क्योंकि स, ब का भाग नीचा हो गया है। अब अ<sup>2</sup> स<sup>2</sup>, ब वक्र नदी के पुनः क्रमबद्ध वक्र तथा पुनः क्रमबद्ध परिच्छेदिका को प्रदर्शित कर रहा है। इसी तरह सहायक नदी की पुरानी परिच्छेदिका विक्षुब्धता के बाद पुनः द<sup>2</sup> स<sup>2</sup> वक्र के रूप में पुनः क्रमबद्ध हो गई है। इस तरह नदी के समस्त भाग में नवोन्मेष हो जाता है तथा यथेष्ट अपरदन के बाद नदी पुनः समायोजित हो जाती है। इस स्थिति के कारण जलोढ़ चैविकारें (Alluvial terraces) तथा घाटों के अन्दर घाटियाँ निर्मित हो जाती हैं।

हजारी बाग पठार पर राजरगण के पास दामोदर नदी में दक्षिणरी युग में उत्थान के कारण नवोन्मेष हो जाने से नदी का मार्ग अब तक विक्षुब्ध है तथा राजरगण यात्रा अब भी नवोन्मेष की कहानी का गवाह है। इसी तरह नर्मदा नदी में (जबलपुर के पास) भेड़ाघाट में छत्राघार प्रपात तक का भाग विक्षुब्ध वक्र तथा नवोन्मेष का प्रतीक है।

(घ) नदी के शीर्ष भाग में नवोन्मेष (Rejuvenation in the headwater of the river)—जब नदी



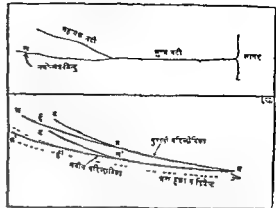
चित्र 246—निकट्वाङ्क (Knick-point) तथा जलोढ़ वेदिकाएँ (Alluvial terraces)।

के शीर्ष भाग में बोज की वृत्ति कम हो जाती है, अर्थात् परिवहन सामर्थ्य के अनुपात में बोज कम हो जाता है तथा यदि यह स्थिति स्थिर (Constant) रहती है तो नदी के शीर्ष भाग में अपरदन बढ़ जाता है। परिणामस्वरूप नदी के ऊपरी भाग में नवोन्मेष की अवस्था आ जाती है, जिस कारण कटाव में ऊपरी भाग में मन्द ढाल का विकास होता है। चूँकि शीर्ष भाग में ही बोज में कमी आ गई है, अतः यह स्थिति नदी के समस्त भाग में रहेगी। इस कारण नदी का समस्त भाग अपरदन द्वारा नीचा हो जायेगा ताकि अपरदन द्वारा उत्पन्न बोज, परिवहन-सामर्थ्य के बराबर हो जाय। इस स्थिति में नदी अपने पहले ढाल के अनुसार ही नवीन ढाल का निर्माण करती है। सहायक नदी भी कटाव द्वारा अपन पुराने ढाल के साथ समायोजन स्थापित करने का प्रयास करती है, क्योंकि प्रमुख सरिता के तल में कमी के कारण सहायक नदी का मुख (संगम पर) भी नीचा हो जाता है। चित्र 247 में 'स' स्थान पर मुख्य नदी में बोज की कमी के कारण नवोन्मेष होता है। फलस्वरूप नदी अपरदन द्वारा अ, ई, ढाल के अनुरूप अ, ई, मन्द ढाल का निर्माण करती है। नवोन्मेष के पहले क्रमवद्ध नदी का वक्र अ, स, ब, य था। अब नदी ने अपने समस्त भाग में अपरदन द्वारा तल को नीचा करके अ<sup>1</sup>, स<sup>1</sup>, ब<sup>1</sup> क्रमवद्ध वक्र का निर्माण किया है। इस अवस्था में नदी का ढाल नही है जो कि अ, स, ब के समय था, यद्यपि अ<sup>1</sup>, ई<sup>1</sup>, ब<sup>1</sup> का तल नीचा हो गया है। इस तरह नदी पुनः क्रमवद्ध हो गई है।

#### निक्षेप का प्रभाव (The effects of deposition)-

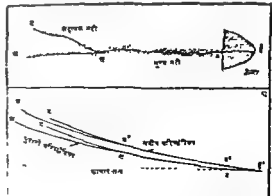
जिम तरह उपर्युक्त दशाओं में बोज में कमी या सागर-तल में कमी के कारण नदियों में नवोन्मेष होने में नदियों के क्रमवद्ध वक्र में विभुच्छता आ जाती है, उसी तरह नदी के किसी भी भाग में जमाव द्वारा नदी का तल ऊँचा हो

जाता है, ढाल कम हो जाता है, जिस कारण वक्र विभुच्छ हो जाता है। यहाँ पर नदी के मुहाने पर जमाव का उदाहरण दिया जा रहा है—



चित्र 247—नदी के शीर्ष भाग में नवोन्मेष के कारण क्रमवद्ध वक्र में विभुच्छता तथा पुनर्समायोजित परिच्छेदिका (Regrade profile) की प्राप्ति।

(1) यदि नदी डेल्टा में गिरती है जिसमें लहरें अधिक तीव्र नहीं होती हैं तो नदी निक्षेप करने लगती है फलस्वरूप डेल्टा का निर्माण होने लगता है, जो कि नागर की ओर बढ़ता जाता है। इस स्थिति के कारण नदी का मार्ग लम्बा हो जाता है, फलस्वरूप मार्ग का ढाल कम हो जाता है। पहले वाले ढाल के साथ समायोजन में लिए नदी को हर भाग में निक्षेप करना पड़ता है। जैसे-जैसे डेल्टा बढ़ता जाता है नदी का निक्षेप समस्त भाग में बढ़ता जाता है। चित्र 248 में अ, ब, वक्र नदी के पहले क्रमवद्ध वक्र को प्रदर्शित करता है। डेल्टा-निर्माण द्वारा नदी की लम्बाई अ, ब से बढ़कर अ, ई हो गई है।



चित्र 248—डेल्टा-निक्षेप के कारण नवोन्मेष तथा विभुच्छ परिच्छेदिका का पुनर्समायोजन (Regrading of disturbed profile due to delta formation)।

सर्वत्र अपेक्षित निक्षेप (Wanted deposit) के कारण अ<sup>1</sup>, ब<sup>1</sup>, ई वक्र पुनः समायोजित वक्र (Readjusted curve) को प्रदर्शित करता है, यद्यपि यह तल पहले वाले तल से ऊँचा हो गया है।

(ii) यदि किसी नदी में आयतन, ढाल का बोझ स्थिर होता है और यदि डेल्टा का निर्माण नहीं होता है तो क्रम-बद्ध नदी का यह रूप स्थायी होता है। इसी बीच यदि कोई युवावस्था वाली सहायक नदी मुख्य नदी से मिलती है तथा अपने साथ पर्याप्त बोझ लाती है तो मुख्य नदी इस अत्यधिक बोझ को परिवहन करने में असमर्थ होगी। परिणामस्वरूप संगम के निचले भाग में मलबा का निक्षेप होने लगेगा तथा ढाल तीव्र हो जायेगा। इस कारण नदी का क्रमबद्ध वक्र विक्षुब्ध हो जायेगा। संगम के नीचे निक्षेप के कारण मुख्य नदी के ऊपरी भाग में ढाल मन्द हो जायेगा। फलस्वरूप ऊपरी भाग में सब तक निक्षेप होता जायेगा जब तक पहले वाले ढाल के साथ समायोजन नहीं हो जाता है। इस तरह नदी एक नये क्रमबद्ध वक्र का निर्माण

करके समायोजित हो जाती है। पुनः क्रमबद्ध वक्र का तल पहले की अपेक्षा ऊँचा होता है। चूँकि मुख्य नदी में सर्वत्र निक्षेप हो रहा है, अतः उसमें मिसने वाली सहायक नदियों के मुख का तल ऊँचा हो जायेगा। फलस्वरूप यदि सहायक नदियों में यथेष्ट बोझ है तो उसका निक्षेप हो जाता है तथा नदी नये पुनः क्रमबद्ध वक्र का निर्माण कर लेती है, अन्यथा झील का निर्माण होता है। इसी तरह जब नदी के शीर्ष भाग में निक्षेप होने से वक्र में विक्षुब्धता आ जाती है तो निचले भाग में भी निक्षेप हो जाने के बाद पुनः क्रमबद्ध वक्र (Regraded curve) का निर्माण हो जाता है। इस तरह नदी के क्रमबद्ध वक्र में अनेक कारणों से अव्यवस्थायें आती रहती हैं परन्तु नदी उन अव्यवस्थाओं को दूर करके पहले वाले ढाल के साथ पुनः समायोजित होकर अपने क्रमबद्ध ढाल का निर्माण कर लेती है। परन्तु यह आवश्यक नहीं है कि पुनः क्रमबद्ध वक्र का तल प्रारम्भिक वक्र के समान ही होगा। यह पुराने वक्र के तल से ऊँचा भी हो सकता है, नीचा भी।

## जलीय स्थलाकृति (Fluvial Topography)

नदी के कार्य तथा उसके स्थलाकृति

**आमन्य परिचय**—भूतल पर समतल स्थापक शक्तियों में बहते हुए जल (नदी) का कार्य सर्वाधिक महत्वपूर्ण होता है। वर्षा का जल जो धरातल पर किसी न किसी रूप में बहने लगता है उसे बाह्य जल (Run off) कहते हैं। जब बाह्य जल एक निश्चित रूप में ऊँचाई से निचले ढाल पर गुरुत्वाकर्षण के कारण प्रवाहित होता है तो उसे नदी या सरिता कहते हैं। अतः नदी किसी भी ढाल पर एक निश्चित मार्ग में प्रवाहित होने वाली जलराशि होती है, जिसमें जल धारा के साथ चट्टान-चूर्ण भी बहते हुए चलते हैं। अध्याय 18 में नदियों की उत्पत्ति, उनके विभिन्न प्रकारों तथा नदी-क्रम आदि का विषय विवरण दिया जा चुका है। नदियाँ ऊँचे ढाल से निचले ढाल की ओर बहती हैं तथा यह ढाल क्रमशः उद्गम से मुहाने की ओर घटता जाता है। प्रत्येक नदी का ढाल भिन्न-भिन्न हुआ करता है। नदियाँ भूतल पर समतल स्थापना का कार्य तीन रूपों में करती हैं, जिसे त्रिकल कार्य या त्रिपथ कार्य (Three-phase work or threeway work) कहा जा सकता है। ये तीन कार्य हैं—अपरदन, परिवहन तथा निक्षेप। नदियों का बहता हुआ जल घाटी के पार्श्व भाग तथा तली को खरोबता एवं कुरेदता हुआ चलता है, जिस कारण चट्टान-चूर्ण को नदी की घाटी से अलग करके अपने साथ ले लेता है। नदी के इस कार्य को अपरदन कहा जाता है। अपरदन से प्राप्त मलवा को नदियों का जल अपने साथ ढोता हुआ चलता है। नदी के इस कार्य को परिवहन (Transportation) कहते हैं। परिवहन किये जाने वाले पदार्थों को सामान्य रूप में नदी का भार या नदी का बोझ (River Load) कहते हैं। स्थान-स्थान पर इन पदार्थों का जमाव भी होता रहता है। इस कार्य को निक्षेप (Deposition) कहते हैं। निक्षेप नदी के पार्श्ववर्ती भागों में हो सकता है तथा नदी की तली में भी। नदी के उपर्युक्त तीनों कार्य परस्पर सापेक्ष होते हैं अर्थात् यह आवश्यक नहीं है कि नदी के किसी विशेष भाग में केवल अपरदन हो तथा दूसरे भाग में केवल निक्षेप हो। हाँ, यह अवश्य हो सकता है कि एक भाग में निक्षेप से अपरदन अधिक हो या अपरदन से

निक्षेप अधिक हो परन्तु दोनों कार्य साथ-साथ सम्पादित होते हैं। परिवहन का कार्य भी उद्गम से मुहाने तक चलता रहता है, क्योंकि जैसे ही अपरदन द्वारा पदार्थ जल के साथ मिलते हैं, परिवहन का कार्य प्रारम्भ हो जाता है।

### अपरदन का कार्य (Erosion)

नदी का सर्वप्रमुख कार्य भूपटल का अपरदन करना है। प्रमुख विद्वान् सैलीसबरो ने बताया है कि—“नदी के प्रमुख कार्यों में से एक (कार्य) स्थल का सागर तक ले जाया जाना है” (“One of the chief functions of stream is to carry the land to the sea”)। नदियाँ सदैव अपने मार्ग की समीपी चट्टानों को घिसकर तथा काट कर अपने साथ परिवहन करने में प्रयत्नशील रहती हैं। नदी द्वारा अपरदन-कार्य में अपक्षय का भी पर्याप्त योग्य रहता है। अपक्षय की विभिन्न क्रियाओं द्वारा समीपी चट्टान विपटित तथा विभोजित होकर कम-जोर हो जाती है तथा जल के साधारण कार्य से अलग होकर जल के साथ हो लेती है। नदियाँ अपरदन-कार्य दो रूप में करती हैं। एक तो नदी का जल नदी की घाटी की तली तथा किनारे को काटता है और दूसरे नदी के साथ सम्मिलित पदार्थ भी अपरदन का कार्य करते हैं। फलस्वरूप अपरदन के लिये नदी में बोझ का होना आवश्यक है। नदी के बोझ में कंकड़ पत्थर, रेत आदि पदार्थ सम्मिलित किये जाते हैं।

**नदी-अपरदन का सिद्धान्त (Law of River Erosion)**—नदी का अपरदन-कार्य नदी के ढाल तथा वेग एवं उसमें स्थित नदी-बोझ पर आधारित होता है। अपरदन के लिये यह आवश्यक है कि नदी के साथ शक्ति-पत्थर आदि वर्तमान हो। नदी द्वारा अपरदन न केवल बोझ की मात्रा द्वारा निर्धारित होता है बल्कि उसके आकार (Size And calibre of load) द्वारा भी निर्धारित होता है। उदाहरण के लिये यदि बोझ के पदार्थ महीन वण वाले हैं तथा आकार में छोटे हैं तो वे जल के साथ लटक कर (in suspension) चलते हैं और अपरदन कम करते हैं। इसी तरह यदि पदार्थ इतने महीन होते हैं कि वे घुलकर जल के माप (in solution) चलते हैं तो अपरदन नगण्य होता है। इसके विप-

रीति यदि बोन के पदार्थ इतने बड़े होते हैं कि वे जल के साथ लुढ़क कर या कूदते हुए चलते हैं तो उनसे अप-दन सर्वाधिक होता है। इसी तरह बोन की मात्रा का भी अपरदन पर पर्याप्त प्रभाव होता है। प्रायः यह भी कहा जाता है कि नदी में बोन की मात्रा जितनी अधिक होगी, उसके द्वारा अपरदन भी उतना ही अधिक होगा परन्तु यह तथ्य सर्वत्र सत्य नहीं होता है। वास्तव में प्रत्येक नदी में अधिकतम भार ग्रहण करने तथा उसे दोने की एक निश्चित सीमा होती है। इस सीमा से अधिक भार होने पर नदी उसका परिवहन करने में असमर्थ होती है। यदि नदी अपनी सामर्थ्य के अनुसार भार अर्थात् अधिकतम भार का वहन करती है तो अपरदन का कार्य नगण्य होता है क्योंकि अधिक भार के कारण नदी के वेग में स्थिरता आ जाती है। इस आधार पर अपरदन तथा नदी-भार के बीच निम्न सम्बन्धों का प्रतिपादन किया जा सकता है—

1. नदी में भार या बोन के अभाव में अपरदन कम होता है।
2. अधिकतम भार या बोन होने पर भी अपरदन कम होता है।
3. इन दोनों अवस्थाओं के बीच की दशा में अपर-दन सर्वाधिक होता है। इस अवस्था के पूर्व अपरदन बढ़ता है तथा इसके पश्चात् अपरदन घटता है। इसे अप-दन का सामान्य सिद्धान्त कहते हैं।

उपर्युक्त विवरण से ही अपरदन की समस्या समाप्त नहीं हो जाती है। यहाँ पर केवल नदी के बोन का ही ध्यान किया गया है। नदी के अपरदन को प्रभावित करने वाले अन्य कारक भी हैं—नदी का वेग (Velocity) तथा नदी मार्ग की ढाल प्रवणता (Slope gradient)। यदि नदी का बोन यथेष्ट है परन्तु नदी का वेग कम है तो अपरदन अधिक नहीं हो पायेगा। तीव्र वेग से प्रवाहित होने वाली नदी की अपरदन-शक्ति निश्चय ही अधिक होती है। नदी का वेग दो बातों पर आधारित होता है—नदी के मार्ग का ढाल तथा नदी में जल का आयतन। जब नदी का ढाल तथा आयतन अधिक होता है। तो निश्चय ही नदी-वेग अधिक होता है। यदि तीव्र वेग के साथ अपेक्षित (Required) बोन भी यथेष्ट मात्रा में सुलभ है तो नदी द्वारा अपरदन सर्वाधिक होता है। साधारण रूप में नदी के वेग तथा अपरदन-शक्ति में वर्ण का अनुपात होता है। इसे निम्न गुरु द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है—

अपरदन शक्ति  $\propto$  (नदी का वेग)<sup>3</sup>

अर्थात् यदि नदी का वेग दो गुना कर दिया जाय तो उसकी अपरदन-शक्ति चौगुनी हो जायेगी। यदि नदी-वेग चौगुना कर दिया जाय तो उसकी अपरदन-शक्ति 16 गुना हो जायेगी। यह सम्बन्ध उस समय होता है जबकि नदी का बोन समान रहे क्योंकि नदी-बोन में परिवर्तन के साथ नदी-वेग तथा अपरदन दोनों में परिवर्तन हो जाता है। नदी के अपरदनात्मक कार्य पर स्थितिज ऊर्जा (Potential energy) तथा गतिज ऊर्जा (kinetic energy) का पर्याप्त प्रभाव होता है। नदी के उद्गम पर दोनों प्रकार की ऊर्जा बराबर होती है। यदि नदी का मार्ग छोटा है तथा ढाल प्रवणता तीव्र है तो गतिज ऊर्जा सर्वाधिक होती है। परिणामस्वरूप निम्नवर्ती अपरदन (यदि जल के साथ कोणिक अकार वाले बड़े-बड़े चट्टानी खण्ड हों) अधिक होता है। जैसे-जैसे नदी का मार्ग बढ़ता जाता है, ढाल प्रवणता भी कम होती जाती है। अतः गतिज ऊर्जा में ह्रास होता जाता है, परिणामस्वरूप अपर-दन घटता जाता है (देखिये अध्याय दो के पृष्ठ 57 तथा 58 एवं चित्र 5 तथा 6)। नदी के अपरदन-कार्य में अपर-दित होने वाले स्थलखण्ड की संरचना का भी पर्याप्त प्रभाव होता है। यदि स्थलखण्ड की चट्टान अत्यधिक सख्त, संधियों से विहीन तथा अभेद्य एवं अप्रवेक्ष्य होती है तो अपरदन सरलता से नहीं हो पाता है। इसके विप-रीत असख्त, मुलायम, सन्निधुक्त, प्रवेक्ष्य तथा भेद्य चट्टान का अपरदन सरलता से तथा सर्वाधिक मात्रा में हो जाता है।

नदी के अपरदन के रूप—नदी द्वारा अपरदन-कार्य मुख्य रूप से दो तरह से होता है—रासायनिक अपरदन तथा यांत्रिक अपरदन। रासायनिक अपरदन का कार्य सामान्य रूप से घोलोकरण (Solution) द्वारा होता है तथा यांत्रिक अपरदन, अवशेषण (Corrasion or abra-sion), जल गति क्रिया (Hydraulic action) तथा सन्निरषण (Attrition) द्वारा सम्पन्न होता है। इनमें से यांत्रिक अपरदन सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण होता है।

(i) घोलोकरण या संक्षारण (Solution or Corro-sion)—नदी के बहते हुए जल के सम्पर्क में आने वाली चट्टानों के घुलनशील पदार्थ घुलकर शैल से अलग हो जाते हैं तथा जल के साथ मिल जाते हैं। कार्बनिकान की क्रिया द्वारा चट्टान का अधिकांश घुलनशील नमक उससे अलग होकर नदी में बहने लगता है। भूमिगत जल द्वारा भी चट्टान से घुलनशील पदार्थ अलग हो जाते हैं तथा



जलस्रोतों द्वारा ऊपर आकर मरिता से मिल जाते हैं। घोलन की क्रिया द्वारा प्राप्त पदार्थों की मात्रा निश्चय ही अधिक होती है। मरे ने गणना के आधार पर बताया है कि नदी के प्रत्येक घनमील जल में लगभग 7,62, 587 टन खनिज पदार्थ होते हैं तथा इसका आधा भाग बैसिलियम कार्बोनेट होता है। यदि यह गणना सत्य मान ली जाय तो भूपटल की समस्त नदियों द्वारा सागर में लाये गये घुलनशील पदार्थों की मात्रा का अनुमान लगाया जा सकता है। यह विश्वास किया जाता है कि प्रायः प्रति-उपसमस्त भूपटल की नदियों द्वारा 6500 घनमील जल सागर तक ले जाया जाता है। उपर्युक्त गणना के आधार पर प्रतिवर्ष लगभग 5 000,000 000 टन खनिज पदार्थ घोलोकरण की क्रिया से प्राप्त होता है तथा घोलन के रूप में यह सागर तक पहुँचता है।

(ii) अपघर्षण (Corrasion or Abrasion)—नदी के साथ कंकड़, पत्थर आदि भी नदी के भार के रूप में चलते हैं। इन पदार्थों के मध्यक में आने वाली चट्टानों की घर्षण तथा टूट-फूट की क्रिया को अपघर्षण की क्रिया कहते हैं। अपघर्षण की मात्रा तथा रूप नदी-बोझ के पदार्थों के आकार पर आधारित होता है। इनमें से गोलाग्र (Boulder), कंकड़ (Pebbles), पत्थर के टुकड़े (Stone particles) सर्वाधिक महत्वपूर्ण होते हैं। इन पदार्थों को छेदन यंत्र (Drilling tools—बर्मा मोलरी तरङ्ग छेद करने वाले) कहते हैं जो कि नदी की घाटी में सम्भवतः तथा क्षैतिज कटाव करते हैं। इस तरह की क्रिया को अपघर्षण कहते हैं। उपर्युक्त क्षैतिज-कण (टुकड़ा कहना अधिक उपयुक्त होगा) प्रथम रूप में जन के साथ मिलकर नदी की घाटी के दोनों पाश्वर्कों को कुद-कर तथा रगड़-रगड़ कर घषित करते हैं। इस क्रिया को क्षैतिज अपघर्षण कहते हैं। इससे स्पष्ट है कि क्षैतिज अपघर्षण में नदी के किनारे कट कर चौड़े होते हैं। अतः अपरदन का यह रूप नदी की घाटी को चौड़ा करता है। यह क्रिया यद्यपि नदी के प्रत्येक भाग में सक्रिय रहती है परन्तु प्रौढावस्था तथा वृद्धावस्था में यह अपरदन सर्वाधिक महत्वपूर्ण होता है। यहाँ पर इसे पाश्वर्कवर्ती या क्षैतिज अपरदन कहते हैं। दूसरे रूप में चट्टानों के टुकड़े नदी की तीर्णों में घर्षण द्वारा काट-छाट करने उसे गहरा करते

हैं। इस क्रिया को लम्बवत अपघर्षण (Vertical abrasion) कहते हैं। नदी के पेट में भँवर व साथ पत्थर के नुकीले टुकड़े बर्दों के बर्मा मशीन के समान घुमावदार छिद्र करते रहते हैं जिससे सँकरे परन्तु गहरे गर्त का निर्माण होता है। इसे जलमर्तिका (Pot holes) कहते हैं। जलमर्तिका लम्बवत अपघर्षण द्वारा निर्मित एक मुख्य स्थलाकृति है। अपघर्षण की इस क्रिया द्वारा नदी की घाटी गहरी होती है। लम्बवत अपघर्षण नदी की तरणावस्था में सबसे अधिक होता है।

(iii) मन्निघर्षण (Attrition)—ऊपर यह बताया गया है कि नदी के साथ कंकड़ पत्थर आदि नदी के भार के रूप में चलते हैं। इनका कार्य दो रूपों में होता है। प्रथम रूप में तो ये नदी की घाटी के किनारे तथा तनों का घर्षण करते हैं। इसका ऊपर उल्लेख किया जा चुका है। इसी रूप में ये टुकड़े आपस में भी टक्कर खाते रहते हैं, जिससे उनमें टूट-फट होती रहती है। इस तरह टुकड़ों के आपस में रगड़ तथा घर्षण द्वारा टूटने की क्रिया को मन्निघर्षण कहते हैं। इस क्रिया द्वारा टुकड़े टूट कर छोटे तथा महीन होने रहते हैं। मुख्य रूप में टुकड़ों का आकार घाल जाता जाता है। मन्निघर्षण द्वारा नदी भार के पदार्थ अत्यधिक महीन तथा बारीक हो जाते हैं जिनका परिवहन आसानी से हो जाता है।

(iv) जलमर्तिका क्रिया (Hydraulic Action)—इस क्रिया द्वारा अपरदन में काल जल का ही मह-योग होता है अन्य साधनों का नहीं। बिना कंकड़ पत्थर आदि के सहायता के तथा बिना रासायनिक क्रिया व जल यांत्रिक ढग में मार्ग में पड़ा वाकी चट्टानों व कणों को धक्के द्वारा ढीला तथा कमजोर बना कर तथा उन्हें चट्टान से अलग करके अलग साथ लेकर बहना है। इस क्रिया में जल का वेग अधिक महत्वपूर्ण होता है।

उपर्युक्त नदी-अपरदन के चार प्रकार प्रायः एक दूसरे में सम्मिश्रित होते हैं। उदाहरण के लिये हाइड्रोलिक क्रिया से चट्टानों के कण कमजोर हो जाते हैं। परन्तु-रूप मन्निघर्षण द्वारा उनका टूटना अधिक मजल हो जाता है। नदी के अपरदन में नदी की घाटी व किनारे का ढाल भी अधिक महत्वपूर्ण स्थान रखता है। यदि ढाल

- 1 Attrition is the mechanical wear and tear of transported materials on themselves
- 2 Hydraulic action is the mechanical loosening and removal of materials of rocks by water alone

तीव्र होता है तो गुरुत्व के कारण भूमि स्थलन (Land-sliding), अवपात Slumping), भूमि सर्पण (Soil and land creep) आदि द्वारा घाटी के कगार सरक कर नीचे आते रहते हैं। इस तरह अपक्षय (Weathering) तथा सामूहिक स्थानान्तरण (Mass translocation) भी अपरदन में सहायक होते हैं।

नदी के विभिन्न भागों के अनुसार अपरदन को चार वर्गों में विभाजित किया जा सकता है। प्रथम, क्षैतिज अपरदन (Lateral erosion)—इससे नदी की घाटी के किनारों का अपरदन होता है, जिससे घाटी की चौड़ाई सदैव बढ़ती जाती है। नदी की प्रोढ़ावस्था तथा जीर्ण-वस्था में क्षैतिज अपरदन अधिक सक्रिय होता है। द्वितीय, सम्भवत अपरदन—इस क्रिया द्वारा नदी की घाटी की तली का कटाव होता है, जिससे घाटी निरन्तर गहरी होती जाती है। इस क्रिया को निम्न-वर्ती कटाव कहना अधिक उपयुक्त होगा। यह क्रिया नदी की तरुणावस्था में अधिक सक्रिय होती है। तृतीय, शीर्ष अपरदन—प्रत्येक नदी अपने शीर्ष की ओर कटाव करके अपना विस्तार करती है। यद्यपि यह क्रिया अत्यन्त मन्द होती है तथापि भू-आकृति विज्ञान में इसका पर्याप्त महत्त्व है। इस क्रिया द्वारा जल-विभाजक कटते जाते हैं तथा सरिता-अपरदन की क्रियाएँ अधिक सक्रिय होती हैं। शीर्ष अपरदन में अग्रगण्य तथा सामूहिक स्थानान्तरण (Mass translocation) नामक भूमि-स्थलन अवपात तथा भूमि-सर्पण भी सहायक होते हैं। चतुर्थ, मुँह अपरदन (Mouthward erosion)—यह अपरदन तब तक चलता है, जब तक कि नदी क्षीय या गायब में मिल नहीं जाती। इस अवस्था में भी डेल्टा के निर्माण होने पर नदियाँ उसे अपनी शाखाओं द्वारा काट कर कई भागों में विभक्त कर देती हैं। व्यापक रूप में उद्गमस्थल से मुहाने की ओर होने वाले अपरदन को भी मुख अपरदन में सम्मिलित किया जा सकता है। उपर्युक्त अपरदन के चार प्रकारों में क्षैतिज अपरदन अधिक महत्त्वपूर्ण होता है क्योंकि अन्ततः यही अपरदन भूपटल की असमानताओं को दूर करने में समर्थ होता है तथा नदी का समस्त भाग एक समतल मैदान (Peneplain) के रूप में बदल जाता है। क्षैतिज अपरदन द्वारा जल-विभाजक तथा दोआब (Interfluves) भी निरन्तर सँकरे होते हैं तथा अन्ततः विलीन हो जाते हैं।

## आधार-तल (Base Level)

(नदी द्वारा अपरदन की अन्तिम सीमा)

प्रत्येक नदी के अपरदन की अन्तिम सीमा होती है, जिसके बाद पुनः अपरदन सम्भव नहीं हो सकता है। इस सीमा को नदी का आधार-तल या निम्न स्तर (Base level) कहते हैं। आधार-तल, वास्तव में, नदी के सम्भवतः अपरदन की अन्तिम सीमा होती है। पावेल ने 1875 ई० में आधार तल पर अपनी विचारधारा का प्रतिपादन किया था, जिसकी आगे चलकर कटु आलोचना की गई। पावेल के अनुसार सागर-तल मुख्य आधार-तल (Grand-base level) को प्रदर्शित करता है जिसके नीचे शुष्क स्थल खण्ड का अपरदन नहीं हो सकता है, परन्तु अस्थायी तथा स्थानीय उद्देश्यों के लिए अपरदन के और भी आधार तल हो सकते हैं, जो कि प्रमुख नदी के तल के बराबर होते हैं। आधार-तल वास्तव में एक काल्पनिक सतह (Imaginary surface) होता है जो कि प्रमुख सरिता के निचले भाग की ओर धीरे-धीरे झुकता जाता है। पावेल के शब्दों को यहाँ पर मौलिक रूप में उद्धृत किया जा रहा है—

“We may consider the level of the sea to be a grand base level below which the dry lands cannot be eroded, but we may also have, for local and temporary purposes, other base levels of erosion, which are the levels of the beds of the principal streams which carry away the products of erosion, (What I have called base level would, in fact, be an imaginary surface, inclining slightly in all its parts toward the lower end of the principal stream draining the area through which the level is supposed to extend, or having the inclination of its parts varied in direction as determined by tributary streams) Where such a stream crosses a rock in its course some of which are hard, and other soft, the harder beds form a series of temporary dams, above which the corrasion of channel through the softer beds is checked and thus we may have a series of base levels of

erosion, below which the rock on either side of the river, though exceedingly friable, cannot be degraded”<sup>1</sup>

पावेल के उपर्युक्त कथन का विभिन्न विद्वानों ने अलग-अलग अर्थ लगाया है। सन् 1928 ई० में मैलट्ट नामक विद्वान् ने पावेल के उपर्युक्त कथन के अनुसार तीन प्रकार के आधार-तलों का संकेत किया है—1. चरम आधार-तल (Ultimate base level), 2. स्थानीय आधार-तल (Local base level) तथा 3. अस्थायी आधार-तल (Temporary base level)। सन् 1902 ई० में डेविस महोदय<sup>2</sup> ने बताया कि पावेल के कथन का तात्पर्य तीन प्रकार के आधार-तल से था—1 प्रमुख या सामान्य आधार-तल (Grand or general base level), 2. काल्पनिक आधार-तल (Imaginary base level), तथा 3 स्थानीय एवं अस्थायी आधार-तल (Local and temporary base level)। पुन डेविस ने अपने उसी लेख में केवल दो प्रकार के आधार-तल का उल्लेख किया है—1 सामान्य या स्थायी आधार-तल (General or permanent base level) तथा 2 स्थानीय या अस्थायी आधार-तल (Local or temporary base level)। इस तरह पावेल व विचारों के सम्पादन व बाद 110 वर्षों बीत चुके हैं परन्तु आज तक उनके विचारों का अर्थ अलग-अलग ही लगाया जा रहा है तथा आधार-तल का स्थल-छण्ड के अपरदन की सीमा के रूप में बताया है न कि एक समतल सतह के रूप में। सन् 1929 ई० में जानसन महोदय<sup>3</sup> ने बताया कि स्थलछण्ड के अपरदन की चरम सीमा (Ultimate limit) सागर-तल होता है तथा यह चरम आधार-तल (Ultimate base level) सागर की समतल सतह ((Plane surface of the sea) होता है जो कि स्थल के नीचे विस्तृत होता है। इस तरह जानसन महोदय ने आधार-तल को एक रेखा-गणित की सीधी रेखा के रूप में प्रदर्शित करने का प्रयास किया है। यह प्रयास सैद्धान्तिक रूप में सत्य हो सकता है परन्तु प्रयोग में सर्वथा काल्पनिक है। सागर के समीप आधार-तल सागर-तल की समतल सतह व बराबर हो सकता है परन्तु नदी के ऊपरी भाग में अर्थात् सागर के

आन्तरिक भाग में यह आधार-तल निश्चय ही सीधी रेखा में न होकर एक वक्र के रूप में होगा। यदि जानसन के विचारों को थोड़े समय के लिये मान भी लिया जाय तो भी सागर-तल अत्यधिक दूर वाले स्थलछण्ड के निम्नीकरण की अन्तिम सीमा इसलिए नहीं बन सकता क्योंकि पटल-विहण (Diastrophism) के कारण स्थलछण्ड एक नम्वे समय तक अविचल तथा स्थिर (Stand still) नहीं रह सकता है। जानसन ने भी पावेल के विचारों के आधार पर आधार-तल को दो भागों में ही विभक्त किया है—1. चरम आधार-तल तथा 2 अस्थायी स्थानीय आधार-तल (Temporary local base level)। यद्यपि वर्तमान समय तक आधार-तल के स्वभाव तथा प्रकारों पर पर्याप्त मतभेद है तथापि लेखक हमें तीन विभिन्न भागों में विभाजित करना उचित समझता है।

1. सामान्य या चरम या स्थायी आधार-तल (General or Ultimate or Permanent Base level)—अधिकांश नदियाँ प्रायः सागर में रिक्त होती हैं। अतः सागर-तल जल द्वारा अपरदन की अन्तिम सीमा निर्धारित करता है। इसका तात्पर्य सागर-तल के बराबर धरातल के नीचे एक सीधी रेखा से कदापि नहीं होता है। आधार-तल एक निष्कोण वक्र (Smooth curve) के रूप में होता है जिसका ढाल नदी के ऊपरी भाग की ओर अबतल होता है। वास्तव में आधार-तल एक ऐसा वक्र होता है जिसका ढाल नियमित रूप से सागर की ओर धीरे-धीरे घिरता जाता है। यहाँ सीमा नदियों द्वारा अपरदन या निम्न कटाव (Down cutting) की अन्तिम सीमा होती है। इस तरह आधार-तल केवल सागर के समीप भाग में तल के बराबर होगा है तथा वहाँ पर निम्न कटाव सागर-तल व बराबर होता है परन्तु आन्तरिक भाग में जहाँ पर आधार-तल सागर-तल से ऊपर उठता जाता है। अतः आधार-तल एक ऐसा वक्र होता है, जिस पर सागर-तल एक स्थान रेखा के समान होता है। प्रत्येक सरिता का आधार-तल सर्वे एक ही नहीं होता है। सागर-तल के उठने तथा नीचे होने व साथ ही साथ यह आधार-तल भी बदलता रहता है। यदि कोई नदी सागर-तल के बराबर (आधार-तल) अपनी

1 Powell, J. W. (1875)—Exploration of Colorado River of the West, p 203, Smithsonian Institution, Washington

2. Davis W. M. (1902)—Base-level, grade and peninsula. J. Geol 10, pp 77-111 and also in "Geographical Essays."

3. Johnson, D. W. (1929)—Base level, J. Geol., 37, pp 675-782.

पाटी को गहरा कर लेती है तो यह कहा जाना है कि नदी "आधार-तल को प्राप्त हो गई है।"

**2 अस्थायी आधार-तल (Temporary Base level)**—अस्थायी आधार-तल नदी के मार्ग में कई कारणों द्वारा उपस्थित होता है। उदाहरण के लिये यदि कई नदियों का जल एक झील में गिरता है तथा पुन झील का जल एक निकास (Outlet) के रूप में एक नदी का रूप धारण करता है तो झील का तल ऊपरी नदियों के लिये आधार-तल का कार्य करता है। अर्थात् ऊपरी नदियों के निम्न कटाव की अन्तिम सीमा झील का तल ही होती है। कुछ समय बाद जब नदियाँ झील को या तो भरकर या अपने निम्न कटाव द्वारा बहा ले जाती हैं तो झील का आधार-तल के रूप में नियन्त्रण समाप्त हो जाता है। फलस्वरूप झील द्वारा उत्पन्न आधार-तल चुस हो जाता है। चूँकि यह थोड़े समय तक ही रहता है, अतः इसे अस्थायी आधार-तल कहते हैं। नदी के मार्ग में इस प्रकार के कई अस्थायी आधार-तल हो सकते हैं तथा अन्ततः नदी इन सभी अस्थायी आधार-तलों को समाप्त करके, सागर-तल के अनुसार एक स्थायी आधार-तल का विकास कर लेती है। अस्थायी आधार-तल उस समय भी हो जाता है जबकि नदी के मार्ग में कठोर तथा मुलायम चट्टानों के स्तर पाये जाते हैं। मुलायम चट्टान का स्तर शीघ्र कट जाता है परन्तु कठोर शैल का स्तर प्रतिरोधी होने के कारण निकला रहता है, जिसके नीचे कटाव नहीं हो पाता है। इस तरह प्रतिरोधी शैल का निकला हुआ स्तर अपने ऊपरी भाग में नदी के लिये आधार-तल का निर्माण करता है, जिसके नीचे अपरदन नहीं हो सकता है। यह स्थिति तब तक रहती है जब तक कि प्रतिरोधी शैल पूर्णतया कट न जाय। इस तरह के अरपाई आधार-तल नदी के मार्ग में कई हो सकते हैं।

**3. स्थानीय आधार-तल (Local Base levels)**—यदि कोई नदी निम्न कटाव द्वारा अपने आधार-तल को प्राप्त करके क्रमबद्ध हो गई है तो उस सरिता का आधार तल समीपी स्थलखण्ड के निम्न कटाव की अन्तिम सीमा को निर्धारित करता है। इस तरह के आधार-तल को स्थानीय आधार-तल कहा जा सकता है। यदि इस तल के बराबर स्थलखण्ड का कटाव हो गया है तो कहा जा सकता है कि स्थलखण्ड अपने आधार-तल को प्राप्त हो गया है।

आधार-तल में परिवर्तन या संवलन

(Changes or Movements in Base-level)

आधार-तल में परिवर्तन का स्थूलरूपों के निर्माण, विकास एवं विनाश पर प्रत्यक्ष प्रभाव होता है। सागर-

तल चूँकि नदी द्वारा होने वाले निम्नवर्ती अपरदन की अन्तिम सीमा (अतः अपरदन के आधार-तल) को नियंत्रित करता है, अतः सामान्य अपरदन-चक्र का कार्यन्वयन सागर-तल की स्थिरता एवं अस्थिरता पर निर्भर करता है। सागर-तल में परिवर्तन होने से अपरदन के आधार-तल में भी परिवर्तन होते हैं जिससे अपरदन-चक्र विभिन्न (Interrupt) हो जाता है। सागर-तल वर्तन प्रायः दो तरह का होता है—**मुख्यैतिक परिवर्तन** (Eustatic change) का प्रभाव विश्वव्यापक होता है तथा **स्थानीय परिवर्तन** (Local change) का प्रभाव सीमित क्षेत्रों में ही होता है। समय के परिवेश में यह परिवर्तन भी दो तरह का होता है—**दीर्घकालिक** (Long-term) एवं **अल्पकालिक** (Short-term) परिवर्तन। सागर-तल में परिवर्तन तथा तत्जनित आधार-तल में परिवर्तन का अर्थ स्थल भाग एवं सागर-तल के मापक सम्बन्ध में लिया जाता है। इस दृष्टिकोण से सागर-तल (अतः आधार-तल) में परिवर्तन दो तरह का होता है—**धनात्मक परिवर्तन** (Positive) तथा **ऋणात्मक परिवर्तन** (Negative change)। जब सागर-तल के सम्बन्ध में स्थलीय भाग में अधोगति (Subsidence) होती है तो उसे सागर-तल एवं आधार-तल में **धनात्मक परिवर्तन** कहते हैं। जब स्थलीय भाग में सागर-तल के सम्बन्ध में उपरिमुखी गति (Emergence) होती है तो उसे सागर-तल या आधार-तल का **ऋणात्मक परिवर्तन** कहते हैं। इस तरह सागर-तल में धनात्मक परिवर्तन (सागर-तल में वृद्धि) के कारण तटीय भाग का निमज्जन (Submergence) होता है और ऋणात्मक परिवर्तन (सागर-तल में ह्रास) के समय तटीय भाग का निमज्जन (Submergence) होता है और ऋणात्मक परिवर्तन (सागर-तल में ह्रास) के समय तटीय भाग का उन्मज्जन (Emergence) होता है। सागर-तल में परिवर्तन मुख्य रूप से हिमानीकरण (ऋणात्मक परिवर्तन) एवं अहिमानीकरण (Deglaciation—मुख्य रूप से हिम चादरो के पिघलने से प्राप्त जल के सागरों में वापस जाने से, धनात्मक परिवर्तन) और विवर्तनिक (Tectonic) कारणों से होता है। निम्न प्रक्रियाओं में आधार-तल के धनात्मक एवं ऋणात्मक परिवर्तनों के प्रभावों का उल्लेख किया जा रहा है।

आधार-तल में धनात्मक परिवर्तन एवं उसका प्रभाव

आधार-तल में धनात्मक परिवर्तन से अपरदन-चक्र विभिन्न तो होता है परन्तु चक्र की अवधि कम भी हो

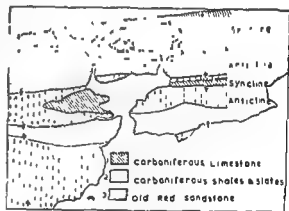
जाता है। नदी का निम्नवर्ती अपरदन स्थगित हो जाना है तथा निक्षेपण का कार्य तेज हो जाता है। तटीय भागों पर निर्मित स्थलरूपों का लोप हो जाता है। इस तरह के परिवर्तन के निम्न प्रभाव होते हैं—

(1) **रेखा तथा एरचुअरी का निर्माण**—आधार-तल के घनात्मक परिवर्तन का तात्पर्य होता है सागर-तल में वृद्धि। इसका त्वरित प्रभाव यह होता है कि नदियों की घाटियाँ (जहाँ पर तट के पाम नदियाँ सागरों में रिक्त होती हैं) जलमग्न हो जाती हैं तथा रेखा एवं एरचुअरी का निर्माण होता है। जहाँ पर नदियों ने मुहाने (Mouths) तथा उनकी घाटियाँ घणित उच्चावच वाले भाग में होती हैं तो जलमग्न होने पर रेखा का निर्माण होता है परन्तु जहाँ पर उच्चावच नगण्य होते हैं वहाँ एरचुअरी का निर्माण होता है। पश्चिमी यूरोप के प्रमुख प्रायद्वीपीय खासकर २०° ५०' आयरलैंड, कर्नवाल, ब्रिटनी, ३०° ५०' स्पेन आदि में रेखा का निर्माण हुआ है। रेखा के आधार दो तथ्यों पर निर्भर करते हैं—(i) सागर-तल में घनात्मक परिवर्तन के पूर्व नदी-घाटी के रूप तथा वहाँ की शैल संरचना के बीच सम्बन्ध एवं (ii) शैल संरचना तथा तट रेखा के बीच सम्बन्ध। जहाँ पर नदी

विपरीत जहाँ पर नदी-घाटी का विकास शैल-संरचना के अनुप्रस्थ (Transverse) दिशा में होता है वहाँ पर जलमग्नन के बाद निर्मित रेखा का आकार अत्यन्त जममान होता है। मुख्य रेखा का भाग मोधा न होकर जममान होता है तथा उसकी (रेखा) शाखाएँ भी होती हैं (ये शाखाएँ उन परवर्ती (Subsequent) नदियों की घाटियों के जलमग्नन से बनती हैं जो जलमग्नन के पहले मुख्य नदी की सहायक थी तथा कमजोर शैल-स्तरो के सहारे निर्मित थी)। इस तरह का उदाहरण कार्क हार्वर (Cork Harbour) में मिलता है (चित्र 250)। ऐंम ही रेखा का उदाहरण प्लाइमाउथ साउण्ड (Plymouth Sound) में देखने को मिलता है। यदि सागर-तल (जो आधार-तल) में घनात्मक परिवर्तन के पूर्व शैल-संरचना की दिशा तट के समानान्तर होती है तथा कटक (Ridges) का निर्माण हुआ रहता है तो घनात्मक परिवर्तन के कारण नदी-घाटी के जलमग्नन के कारण द्वीपों की कई कतारें बन जाती हैं। इस तरह के उदा-



चित्र 249—२०° ५०' आयरलैंड का रेखा तट।

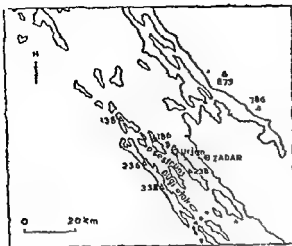


चित्र 250—कार्क हार्वर का रेखा तट।

हरण यूगोस्लाविया एवं वितो के तट के सहारे दृष्टिगत होने हैं। चित्र 251 (पृष्ठ 502) में यूगोस्लाविया तट के पाम जल-मग्नन के कारण निर्मित तट के समानान्तर द्वीपों की पंक्तियों को देखा जा सकता है।

(ii) **नदी-मुख का भरना**—(Filling of river mouths)—ज्ञातव्य है कि आधार-तल में घनात्मक परिवर्तन के कारण जलमग्नन के फलस्वरूप निर्मित रेखा या स्थायित्व नदी द्वारा लाये गये अवसाद पर निर्भर करता है। जहाँ पर नदियाँ कमजोर शैल पर प्रवाहित होती हैं वहाँ पर नदियाँ अपने माप पर्याप्त मात्रा में अवसाद लाती हैं। यदि जलमग्नन के समय नदियाँ

घाटी का विकास कमजोर शैल-संरचना पर उनकी दिशा में हुआ है (खासकर कमजोर शैल-स्तरो पर) वहाँ पर जलमग्नन के कारण लम्बे एवं मेकड़े रेखा का निर्माण होता है। इसका सर्वोत्तम उदाहरण आयरलैंड के २०° ५०' भाग में देखने को मिलता है (चित्र 249)। इसके



चित्र 251—युगोस्लाविया तट । जलमग्नन के कारण तट के कुछ भाग का डूबना ।

इतना अवसाद लाती है कि उनके निक्षेपण से घाटी के भराव (Filling) एवं जलमग्नन की दर में बराबरी हो जाय तो रिया का निर्माण ही नहीं हो पाता है । यदि जलमग्नन से रिया के निर्मित होने के तुरन्त बाद अवसाद का निक्षेपण अत्यधिक हो जाता है तो रिया शीघ्र ही भर जाता है तथा वह समाप्त हो जाता है । इस तरह की घाटी को *तिरोहित घाटी* या *तिरोहित जलधारा* (Buried valley या Channel) कहते हैं । इस तरह के उदाहरण पूर्वी एवं दक्षिणी इंग्लैंड की *तिरोहित जलधाराओं* में देखने को मिलता है । इन नदियों का सागर-तटीय वाले भाग का वर्तमान सागर-तल की तुलना में निम्न आधार-तल पर श्रेणीकरण (Grading) हुआ है परन्तु आधार-तल में घनात्मक परिवर्तन के कारण जलमग्नन के समय अवसाद के निक्षेपण से इनका भराव (Filling) हो गया है । Adur एवं Ouse घाटियों में 15 मीटर (50 फीट) तथा Arun घाटी में 30 मीटर (100 फीट) तक भराव हुआ है ।

(iii) **बाढ़-मैदान (Flood plains) का निर्माण**—सागर-तल में उभार (rise) के कारण आधार-तल में घनात्मक परिवर्तन के कारण नदियों के निचले भाग के जलमग्नन हो जाने के कारण अवसादों के निक्षेपण होने से विस्तृत निक्षेपात्मक मैदानों का निर्माण होता है क्योंकि आधार-तल के ऊपर उठने से नदियों के जलमार्ग का ढाल कम होने से नदी की परिवहन-सामर्थ्य में ह्रास होने में निक्षेपण होता है ।

(iv) **निम्न भागों का अवसादीकरण से भराव (Filling of lowlands by aggradation)**—आधार-तल में घनात्मक परिवर्तन के कारण पहले से निर्मित निम्न भागों का अवसादों द्वारा निक्षेपण होने से भराव हो जाता है तथा अभिवृद्धि (aggradation) की स्थिति आ जाती है । इस तरह की क्रिया का सर्वोत्तम उदाहरण ब्रिटिश द्वीप के फेनलैंड (Fenland) में प्राप्त होता है जहाँ पर ऊपरी जुरैसिक युग की घाँट में निम्नवर्ती अपरदन-द्वारा निर्मित बेसिन में प्लीस्टोसीन युग में हुए सागर-तल में परिवर्तनों के कारण सागरीय निक्षेपण हुआ है ।

(v) **सागरीय द्वीपों का निर्माण**—यद्यपि अधिकांश द्वीपों का निर्माण ज्वालामुखी क्रिया, विवर्तनिक कारणों द्वारा होता है, परन्तु मागस्टोसीन क्षेत्रों में कुछ द्वीपों का निर्माण प्लीस्टोसीन युग में हिमकालोपरांत सागर-तल में उभार के कारण हुआ है । सागर-तल में उभार के कारण तटीय क्षेत्रों में जल के प्रसार (transgression) के कारण तट के पास कटकों (ridges) के मध्य घाटियों का जलमग्नन हो जाता है जिस कारण कटकों के भाग सागर-तल के ऊपर निकले रहते हैं और द्वीपों का निर्माण हो जाता है ।

**आधार-तल में शृणात्मक परिवर्तन एवं उसका प्रभाव**

सागर तल में गिरावट या ह्रास (Fall) के कारण आधार-तल में शृणात्मक परिवर्तन होता है । इस परिवर्तन का प्रभाव नदी की अपरदन-सामर्थ्य, स्थलरूपों का निर्माण एवं जलीय अपरदन-चक्र पर अधिक होता है । शृणात्मक परिवर्तन के कारण अपरदन-चक्र विजित हो जाता है तथा नदियों में नवोन्मेष (rejuvenation) हो जाता है क्योंकि नदी के जलमार्ग-ढाल की प्रवणता बढ़ जाती है एवं नदी के निम्नवर्ती अपरदन की सामर्थ्य में वृद्धि हो जाती है । इस तरह के परिवर्तन के कारण सागर-तटीय भाग एवं प्रवाह-बेसिन में कई प्रकार के स्थलरूपों का निर्माण हो जाता है । इनमें प्रमुख हैं—उत्थित पुलिन एवं उत्थित सागरीय वेदिकाएँ (raised beaches and marine terraces), नदी वेदिकाएँ, निक प्वाइण्ट, निक प्वाइण्ट जलप्रपात, अध कर्तित विसर्प, स्थलाकृतिक विषम-विन्यास (ऊपर स्थित विस्तृत एवं चौड़ी प्राचीन घाटी के अन्तर्गत नवीन गहरी तथा गहरी घाटी) आदि । सागर-तल में शृणात्मक परिवर्तन के कारण नदी का प्रारम्भिक प्रवणित चक्र विरुद्ध (disturb) हो जाता है तथा मुहाने के पास नवोन्मेष के

वायव्य नदी नदी प्राधार-जन के मन्दर्भ में निम्नवर्ती अवरोधन करने अपने वह को पुन हनवद्ध करने का प्रयास करती है। इस तरह नदी पर नवीन नदी पुनर्गते वह प्राधन में विचरते हैं वहाँ पर डान-भंग (break in slope) होता है एवं निक प्वाइण्ट (नवीनमेप का शीर्ष) का निर्माण होता है। वेमे-वेमे नदी की हन-वद्धता (grading) नदी के ऊपरी भाग (upstream) की ओर अवसर होती है वेमे-वेमे निक-वाइण्ट भी ऊपरी भाग की ओर विचरता जाता है। इस नदी की अनुदैर्घ्य परिच्छेदिका नदी प्राधार-जन के मन्दर्भ में पूर्णतया हनवद्ध हो जाती है तो निक-वाइण्ट विचरता हो जाते हैं। प्राधार 14 (अवरोधन-वह को मन्वयता नदी धनिक मन्वुलन निदान) में प्राधार-जन में अन्त्यान्क परिवर्तन के कारण नदी-मेप द्वारा उन्नत स्थानावृत्तियों का विग्रह वर्णन किया जा चुका है। नदी-मेप के द्वारा नदी की अनुदैर्घ्य परिच्छेदिका के विस्तृत होने तथा उनके पुन हनवद्ध (regarding) होने की प्रक्रियाओं एवं तत्परिणत प्रभावों का उल्लेख अध्याय 19 (नदी-पाटी का विकास) में किया गया है।

### नदी का परिवहन कार्य (Transportation by Stream)

नदियों अवरोधन द्वारा प्राप्त चट्टान-भूत या मन्वय (Debris) का एक स्थान से दूसरे स्थान तक स्थाना-न्तरण करती हैं। नदी के इस कार्य की परिवहन कहते हैं। अवरोधन के अन्तर्गत नदियों में अवक्षय द्वारा वि-ष्टित एवं विघोषित पदार्थों तथा भूमि स्थलन (Land-slide) अवक्षय (Slumping) तथा भूमि भ्रंश (Land creep) द्वारा भी मन्वय प्राप्त होता है जिनका परिवहन नदी का जन करना है। नदी द्वारा छोटे-बड़े तथा महीन सभी प्रकार के वस्तुओं का परिवहन किया जाता है। नदी की परिवहन शक्ति की एक सीमा होती है जिसमें अधिक बोझ होने पर नदी उसे टोन में अम-सर्प हो जाती है और निक्षेप करने लग जाती है। नदी की परिवहन शक्ति का प्रभावित करने वाले दो कारक सर्वाधिक महत्वपूर्ण हैं। 1. बोझ के पदार्थों का आकार तथा मात्रा और 2. नदी का वेग। महीन वस्तुओं वाले भारीक पदार्थों का परिवहन नदी के माध्य धौन के रूप में आसानी से हो जाता है। परन्तु बड़े वस्तुओं वाले पदार्थों का परिवहन नदी की तली के माध्य नुद्वन्द्वे होने होता है। नदी का वेग, जो कि नदी की परिवहन शक्ति

को निर्धारित करता है, नदी की पाटी के ढाल, आकार तथा स्वस्थ एवं जन के प्राधन पर आधारित होता है। यदि नदी मार्ग का ढाल तथा आकार स्थिर है तो जन के प्राधन में वृद्धि होने पर नदी-वेग में वृद्धि होती है उल्टी अवस्था होने पर नदी-वेग कम हो जाता है। यदि नदी पाटी का आकार तथा जन का प्राधन स्थिर है तो अधिक ढाल होने पर नदी का वेग अधिक हो जायेगा। यदि ढाल तथा प्राधन स्थिर है तो मध्ये जनमार्ग में नदी का वेग अधिक होगा और धुमाकड़ार जनमार्ग में वेग कम होगा। जन तरह यदि नदी का वेग अधिक होगा तो नदी की परिवहन शक्ति निश्चय ही अधिक हो जायेगी। गिलबर्ट महोदय ने नदी के वेग तथा नदी की परिवहन-शक्ति के बीच सम्बन्ध के आधार पर एक निदान का प्रतिपादन किया है जिसे गिलबर्ट का "छठी शक्ति का सिद्धान्त (Gilbert's Sixth Power Law) कहते हैं। इस निदान के अनुसार नदी की परिवहन शक्ति नदी के वेग की छठी शक्ति के अनुपात में होती है। अर्थात् यदि नदी के वेग को शीघ्रता कर दिया जाए तो नदी की परिवहन शक्ति 64 गुनी अधिक हो जायेगी। इस गुण को निम्न मन्त्र द्वारा प्रदर्शित कर सकते हैं—

परिवहन शक्ति  $\propto$  (नदी का वेग)<sup>6</sup>

नदियों बोझ का परिवहन कई तरीकों में करती हैं। इनमें से निम्नलिखित रूप अधिक महत्वपूर्ण स्थान रखते हैं।

(i) कर्षण द्वारा (नुद्वन्द्व कर—By Traction)—चट्टानों के बड़े-बड़े टुकड़े नुद्वन्द्वे द्वारा चलते हैं। इस क्रिया को कर्षण कहते हैं। इस विधि में चट्टानों के टुकड़े एक ही बार में परिवहित नहीं हो पाते हैं वरन् एक स्थान से दूसरे स्थान पर पुन वहाँ से मोड़ते स्थान पर जादि रूप में चलते हैं। ये टुकड़े नदी की तली के साथ निम्न कर या नुद्वन्द्व कर चलते हैं।

(ii) उल्थकन द्वारा (By Saltation)—इस विधि में चट्टानों के टुकड़े जन के साथ नदी की तली पर उछल-उछल कर स्थानांतरित होते हैं। उछलन या नुद्वन्द्वे की क्रिया निदान मन्त्र होती है। इस विधि में परिवहन की क्रिया को उल्थकन कहते हैं।

(iii) लटका कर (By Suspension)—यह सामान्य नियम है कि जन में वस्तुएँ वस्तु का भार कम हो जाता है। जब जल-रक्त चट्टानों में अवक्षय होता है नदी के जन में गिरते हैं तो जन की क्षयनशीलता (Buoy-

ancy) के कारण उत्तरे भारत में झुनी आ जाती है। इस क्रिया के कारण मध्यम धरोणा के टुकड़े जल में लटके रहते हैं तथा जलधारा द्वारा दूर तक बहा लिये जाते हैं। इस विधि को लटकन विधि भी कहा जाता है। अनुमान किया जाता है कि मिसिसिपी नदी के बोल का 90% भाग लटकन के रूप में चलता है।

(iv) घुलकर (By Solution)—चट्टानों के घुलन-शील पदार्थ जल के साथ घुलकर मिल जाते हैं तथा जल के साथ अदृश्य रूप में बहते हुये चले जाते हैं।

इस तरह नदियाँ अपने साथ उपर्युक्त विधियों में अधिक मात्रा में पदार्थों को बहा कर सागर में पहुँचाती रहती हैं। समस्त भूपटल की नदियों द्वारा प्रतिवर्ष परिवहन द्वारा सागर में जमा किए जाने वाले पदार्थों की मात्रा निम्न ही बहुत अधिक होगी क्योंकि केवल उत्तरी अमेरिका की नदियाँ प्रतिवर्ष 800,000,000 टन मलबा को परिवहन द्वारा सागर में पहुँचाती हैं।

#### अपरदन द्वारा उत्पन्न स्थलरूप (Landforms due to erosion)

नदियाँ अपरदन द्वारा अपनी घाटी में तथा समोपी स्थलखण्ड पर तरह-तरह के स्थलरूपों की रचना करती रहती हैं। यह आवश्यक नहीं है कि अपरदन द्वारा निर्मित स्थलरूप सरिता के केवल एक ही भाग में सीमित हों। चूँकि अपरदन नदी के हर भाग में किसी न किसी रूप में अवश्य होता है अतः स्थलरूपों का निर्माण भी नदी के हर भाग में होता है। प्रत्येक स्थलरूप केवल एक ही प्रकार के अपरदन का प्रतिफल नहीं होता है बल्कि सभी प्रकार के अपरदन के सम्मिलित कार्य का प्रतिफल होता है। अपरदन द्वारा निम्न स्थलरूपों की रचना नदी के विभिन्न भागों में होती है —

#### 1 नदी की घाटी का विकास—

- (i) घाटी का गहरा होना (V आकार की घाटी, गार्ज तथा कैनियन)
- (ii) घाटी का चौड़ा होना (नदी विसर्प का निर्माण जलविभाजक का कटाव तथा खिमकाव)
- (iii) घाटी का लम्बा होना
- (iv) सरिता का अपहरण तथा उससे उत्पन्न स्थलरूप।

2. जल प्रपात का निर्माण।

3. जनगति का (Pot hole)।

4. संरचनात्मक सीपान (Structural Benches)।

5. नदी बेदिकाये (River Terraces)।

6 नदी-विसर्प (Meanders)।

7 नैक्स्टा तथा झुकर कटक (Questa and Hog-back)।

8 समप्राय मैदान (Peneplains)।

घाटी का विकास—अध्याय 19 में घाटी के विकास का विस्तार के साथ वर्णन किया जा चुका है। यहाँ मजिस्त उल्लेख ही बाँछनीय होगा। जैसे ही बाढ़ी जल एक निश्चित दिशा में बहने लगता है, एक सरिता का जाविर्भाव हो जाता है। नदी निरन्तर अपरदन द्वारा अपनी घाटी का विकास करने में लग जाती है। घाटी का विकास तीन रूपों में होता है। प्रथम रूप में नदी अपनी घाटी को निम्न कटाव द्वारा गहरा करती है। यह स्थिति नदी के सहायकस्था की शीतक है। प्रारम्भ में नदी में ढाल की अधिकता तथा अधिक वेग के कारण नदी का गहरा होना ही अधिक सक्रिय होता है। द्वितीय रूप में नदी क्षैतिज अपरदन द्वारा अपनी घाटी के किनारों को काट करके उसे चौड़ा बनाती है। तृतीय रूप में नदी अपने शीर्ष की ओर अपरदन करके तथा मुख की ओर डेटा का निक्षेप करके अपनी लम्बाई में वृद्धि करती है। यहाँ पर हम नदी की घाटी के गहरी होने की प्रक्रिया तथा उससे उत्पन्न स्थलरूपों का संक्षिप्त विवरण उपस्थित करेंगे।

V आकार की घाटी (V shaped Valley)—प्रथम नदी अपनी सती को काट कर उसे गहरा करती है, जिसके कारण नदी घाटी की गहराई सदैव बढ़ती जाती है तथा घाटी का आकार आगलभापा के V अक्षर के समान हो जाता है। हमें दीवारों का ढाल या तो सीधे या उतल होता है। नदी की घाटी अत्यन्त तग एवं मजबूती होती है। इन घाटियों का निरन्तर विकास होता है, जिसके गहराई तथा आकार दोनों में वृद्धि होता है। इसका यह तात्पर्य नहीं है कि इस घाटी के निर्माण के समय केवल निम्न कटाव द्वारा घाटी गहरी होती है। इसके विपरीत घाटियों में क्षैतिज अपरदन भी होता है तथा उनकी चौड़ाई भी बढ़ती है परन्तु गहरा होने का कार्य सर्वाधिक अवश्य होता है। आकार के अनुसार V आकार की घाटियों को दो वर्गों में विभाजित किया जा सकता है—गार्ज तथा कैनियन।

(अ) गार्ज (Gorge)—गार्ज तथा कैनियन दोनों ही V आकार की घाटियों के रूप होते हैं, जिनमें किनारे की दीवाल अत्यन्त खड़े ढाल वाली होती है तथा चौड़ाई की अपेक्षा गहराई बहुत अधिक होती है। गार्ज तथा



कैनियन में इन प्रकार अन्तर स्थापित करना कठिन कार्य है। सामान्य रूप में बहुत गहरी तथा सँकरी घाटी को गार्ज या कदरा कहते हैं। दोनों में अन्तर केवल आकार का होता है अर्थात् गार्ज के विस्तृत रूप को ही कैनियन कह सकते हैं। गार्ज में दीवाल का ढाल कभी-कभी इतना अधिक होता है कि दीवालें बिल्कुल लम्बे रूप में होती हैं। वास्तव में V आकार की घाटी का ढाल अधिक तीव्र हो जाता है तो गार्ज का निर्माण होता है। गार्ज का निर्माण नदी द्वारा तीव्र गति से निम्न कटाव द्वारा होता है। कभी-कभी प्रपातों के द्रुत गति से पीछे हटने के कारण भी गार्ज का निर्माण होता है।

रांची पठार पर झुझरघाघ जलप्रपात के नीचे खण्डेरा नदी ने जोगू प्रपात के नीचे राखू नदी ने, दासगढाघ प्रपात के नीचे काँची नदी ने तथा केरग्राघ (गची पठार की दक्षिणी सीमा पर) के नीचे कारो नदी ने सकरे गार्ज का निर्माण किया है।

प्रायद्वीपीय भारत के उत्तरी अग्रप्रदेश से जो नदियाँ उत्तर की ओर प्रवाहित होती हुई कगार से उत्तर कर घुमुना तथा गंगा नदियों में मिलती हैं वे जनप्रपात तथा लम्बे सकरे तथा गहरे गार्ज का निर्माण करती हैं। (दक्षिण पृष्ठ 73 का चित्र 18)। उदाहरण के लिए टोस नदी पर पुरवा प्रपात के नीचे पुरवा गार्ज, बीहड़ नदी पर चवाई प्रपात के नीचे चवाई गार्ज, महाबली पर केवटी प्रपात के नीचे केवटी गार्ज, ओझा नदी पर ओझा प्रपात के नीचे ओझा गार्ज (145 मीटर गहरा) आदि। इसी तरह जलपुर के पास बर्मादा नदी का धुआधार प्रपात के नीचे भेडापाट गार्ज एक हजारोबाग पठार पर राज-रक्षा के पास दामोदर नदी के गार्ज दर्शनीय है।

(ख) कैनियन (Canyons)—गार्ज के विस्तृत रूप को ही कैनियन या सँकरी नदी बंदरा कहते हैं। यह आकार में विशाल परन्तु अपेक्षाकृत अधिक सकरा होता है। घाटी के दोनों किनारे की दीवालें खड़े ढाल वाली होती हैं तथा नदी-तल से अधिक ऊँची होती है। जब बरसात का मण्डित चट्टानों में गेरु नदी अपनी घाटी का अपेक्षित गहरा बरस पड़े ढाल वाली बनाती है तथा जब अपथय एवं मामूली स्थानान्तरण से ये खड़ी दीवालें प्रभावित नहीं हो पाती हैं तो दीवालें का ढाल सीधा तथा तीव्र ही बना रहता है तथा कैनियन का निर्माण हो जाता है। जब चट्टानों की बठोरता कहीं कम और कहीं ज्यादा होती है तो कैनियन की दीवालें बिन्दुल लम्बे रूप में न होकर उबड़-खाबड़ ढाल वाली

होती हैं। कैनियन की गहराई तथा दीवालें के गड़े ढाल का अनुमान इसी बात से हो जाता है कि ऊपर से देखने पर इस घाटी में बहने वाली नदी एक पतली सफेद रखा के समान दीखती है।

गार्ज तथा कैनियन के उदाहरण हर महाद्वीप में मिलते हैं। हिमालय पर्वत में सिन्धु, गतलज तथा ब्रह्मपुत्र नदियों के गार्ज दर्शनीय हैं। सिन्धु नदी हिमालय की श्रेणियों को काट कर 17000 फीट गहरे गार्ज में होकर प्रवाहित होती है। संयुक्त राज्य अमेरिका के एरिजोना प्रान्त में कोलोरेडो नदी का ग्राण्ड कैनियन (Grand Canyon) सप्ताह प्रसिद्ध कैनियन का उदाहरण है। कोलोरेडो पठार के प्लायोसीन युग के अन्त में उन्मान के कारण नदी द्वारा निम्न कटाव के फलस्वरूप इस कैनियन का निर्माण हुआ है। यहाँ कैनियन की गहराई 2083.3 मीटर है तथा लम्बाई 482.8 किलोमीटर है। संयुक्त राज्य अमेरिका की येलास्टोन नदी का कैनियन यद्यपि ग्राण्ड कैनियन से लघु आकार तथा कम गहराई वाला है परन्तु यह दृश्यावली के लिए अत्यधिक महत्त्वपूर्ण है क्योंकि यह मनोरम दृश्य उपस्थित करता है। स्वच्छ-जल प्रपात तथा क्षिप्रिकाय और रगीत दीवालें निश्चय ही इस कैनियन को एक दर्शनीय स्थलाकृति का रूप प्रदान करती हैं। कैनियन का निर्माण लावा पठार में येलास्टोन नदी द्वारा निम्न कटाव के कारण हुआ है। अरकन्सास नदी का रायल गार्ज (Royal Gorge) एक महत्त्वपूर्ण गार्ज का उदाहरण प्रस्तुत करता है जिसकी गहराई 1100 फीट है। यहाँ पर गार्ज का निर्माण शिश्त्रियन कल्प से पहले की ग्रेनाइट, क्वाटजाइट तथा शिष्ट चट्टानों में अरकन्सास नदी द्वारा निम्न कटाव के कारण हुआ है।

### जल प्रपात तथा क्षिप्रिका (Water fall and Rapids)

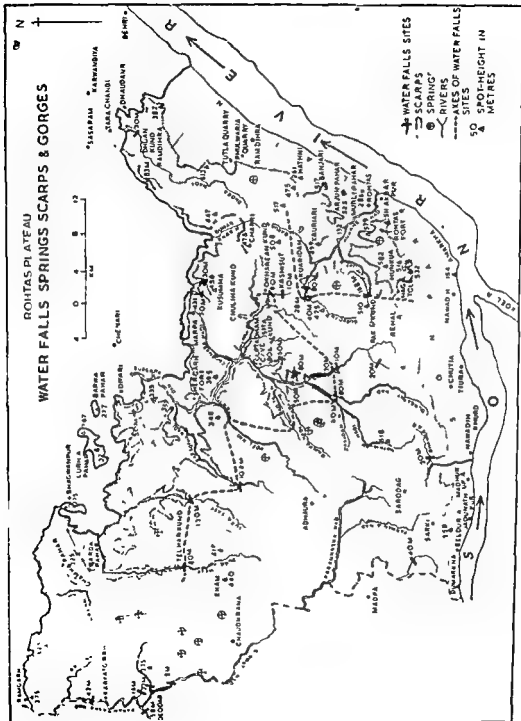
जब किसी स्थान पर नदियों का तल अधिक ऊँचाई से खड़े टापू अर्थात् क्लिफ के ऊपरी भाग में अत्यधिक वेग से नीचे की ओर गिरता है तो उन जल प्रपात कहते हैं। इस तरह की स्थिति उम समय आती है जब नदी के मार्ग में बठार तथा मुलायम चट्टानों का परत या तो क्षतिज अवस्था में मिलती है या मजबूत अवस्था में। नदी का जल मुलायम चट्टानों से तो काट डालता है, परन्तु बठार प्रतिगम चट्टानों को नहीं काट पाता है। फलस्वरूप जल उससे ऊपरी भाग में नीचे की ओर गिरने लगता है।

प्रपात तथा क्षिप्रिका में अन्तर सामान्य होता है। वास्तव में नदी के जिस भाग में जलधारा का प्रवाह साधारण वेग से अधिक होता है (अर्थात् जल ऊँचे ढाल से गिरने लगता है) तो उसे प्रपात या क्षिप्रिका कहते हैं। प्रपात में ऊँचाई अधिक होती है तथा ढाल खड़ा होता है। प्रायः यह क्लिफ के अग्र भाग से गिरता है। क्षिप्रिका की ऊँचाई प्रपात की अपेक्षा कम तथा ढाल सामान्य होता है। इस तरह क्षिप्रिका को प्रपात का एक छोटा एवं सामान्य रूप ही समझना चाहिये। क्षिप्रिका की स्थिति प्रायः प्रपात के नीचे या ऊपर हुआ करती है, परन्तु यह आवश्यक नहीं है कि प्रपात के साथ ही क्षिप्रिका होगी। स्वतन्त्र रूप से भी क्षिप्रिका का विकास हो सकता है। प्रपात के उदाहरण प्रत्येक महाद्वीप में मिलते हैं तथा देश की आर्थिक उन्नति के लिये प्रपात अत्यधिक महत्त्व वाले होते हैं। यदि ये पर्यटन उद्योग (Tourist industry) के लिए मनोरम दृश्य उपस्थित करते हैं तो जलशक्ति के उत्पादन के लिए सर्वोत्तम स्थिति प्रदान करते हैं। संयुक्त राज्य अमेरिका में अल्प्सिडन पर्वत के पूर्वी भाग में न्यू इंग्लैण्ड से लेकर मध्य अलबामा तक पीड-मण्ट तथा सटीय मैदान के निम्न बिन्दुओं के सहारे प्रपातों की एक क्रमबद्ध शृङ्खला मिलती है, जिसे प्रपात-रेखा (Fall Line) कहा जाता है। जलशक्ति के विकास में इस प्रपात-रेखा ने इतनी महत्त्वपूर्ण भूमिका अदा की है कि वर्तमान समय में इस प्रपात-रेखा के सहारे औद्योगिक केन्द्रों का पर्याप्त स्थानीकरण हो गया है। इसी तरह संयुक्त राज्य अमेरिका का नियाग्रा प्रपात आर्थिक तथा मनोरम दृश्य, दोनों के लिए महत्त्वपूर्ण है। भारत का नर्मदा नदी का घाँगाधार प्रपात मनोहारी दृश्य के लिए कम महत्त्वपूर्ण नहीं है।

भारत में भी एक सुनिश्चित प्रपात रेखा पायी जाती है जिसकी स्थिति प्रायद्वीपीय पठार के उत्तरी अग्रदेश के सहारे पश्चिम में टोस नदी के पुरवाई प्रपात से प्रारम्भ होकर पूर्व में बिहार में सासाराम तक पायी जाती है। इस रेखा के सहारे 15 मीटर से 180 मीटर के मध्य ऊँचाई वाले मैकडो प्रपात अवस्थित हैं। इनमें से प्रमुख हैं - रीवा पठार के उत्तरी किनारे पर टोस नदी पर पुरवाई प्रपात (70 मी०), टोस की सहायक बीहड़ नदी पर चचाई प्रपात (127 मी०) तथा महानदी पर कैयटो प्रपात (98 मी०), बेलन की सहायक बीड़ा नदी पर बीड़ा प्रपात (145 मी०) आदि। रोहतास पठार—कर्मनाशा नदी

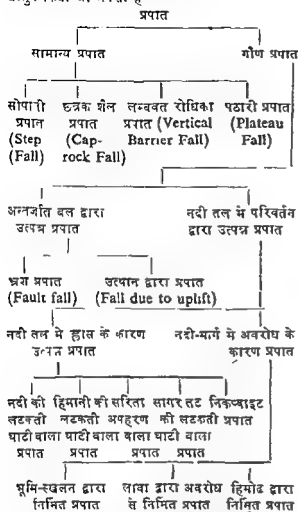
पर देवबरी प्रपात (58 मी०), पार्श्वभी सुरा नदी पर तेलहार कुण्ड प्रपात (80 मी०), पूर्वी सुरा नदी पर 120 मी० प्रपात, दुर्गाबती नदी पर 80 मी० प्रपात, गोपय नदी पर ओखरियन प्रपात (90 मी०), घोवा नदी पर घुआकुण्ड प्रपात (30 मी०), ओसाने नदी पर कुजारीडाह प्रपात (180 मी०) तथा गणघाट नदी पर रकोमकुण्ड प्रपात (168 मी०) आदि। देखिये चित्र 252 (पृष्ठ 507 पर) तथा चित्र 18 (पृष्ठ 73 पर)।

जल प्रपातों के आकार, ऊँचाई तथा विस्तार में इतना अन्तर होता है कि उनका व्यवस्थित कक्षा-विभाजन सम्भव नहीं हो पाता है। उत्पत्ति के आधार पर प्रपातों को दो प्रमुख भागों में रखा जा सकता है 1. सामान्य प्रपात (Normal water falls)—इस श्रेणी में हम उन प्रपातों को रख सकते हैं, जिनका निर्माण नदी के सामान्य जीवन इतिहास में चट्टानों में विभिन्नता के कारण होता है, जैसे कड़ी या मुलायम स्थिति के कारण। वास्तव में सामान्य प्रपात नदी के प्रथम अपरबन-चक्र की तरुणावस्था के परिचायक होते हैं। नदी के क्रमबद्ध बक्र (Graded curve) की प्राप्ति के पहले चट्टानों में विभेद के कारण उत्पन्न प्रपातों को सामान्य प्रपात के अन्तर रखा जा सकता है। 2. गौण प्रपात (Minor water falls)—जब नदी में बिभुधता या अव्यवस्था (Disturbance), आकस्मिक घटना या नदी के चक्र में व्यवधान (Interruption), उपस्थित होने के कारण ढाल में विभिन्नता आने से प्रपात का निर्माण होता है तो उसे गौण प्रपात कह सकते हैं। नदी के मार्ग में "व्यवधान दो तरह से हो सकता है 1. अन्तर्जात बल द्वारा (Due to endogenic forces)। उदाहरण के लिए स्थलखण्ड के उत्थान या अवतलन (Upliftment or subsidence) द्वारा सागर-तल में वृद्धि या ह्रास द्वारा नदियों में नवोन्मेष आ जाता है तथा नदियाँ कटाव द्वारा ढालों का निर्माण करती हैं। फलस्वरूप प्रपात तथा क्षिप्रिकाओं का निर्माण होता है। इनमें भ्रंशन द्वारा प्रपात का निर्माण अधिक होता है। 2. नदी के तल में नदी द्वारा ही वृद्धि या ह्रास द्वारा तथा नदी-मार्ग में अवरोध द्वारा। उदाहरण के लिये यदि नदी का तल नीचा हो जाता है परन्तु उसकी सहायक नदी का तल पूर्ववत् रहता है तो सहायक नदी की घाटी मुख्य घाटी पर लटकने लगती है, जिससे प्रपात का निर्माण हो जाता है। इसी तरह भूमि स्थलन द्वारा नदी के मार्ग में अवरोध होने से ढाल का निर्माण होने से प्रपात का निर्माण हो जाता है।



चित्र 252—रोहतास पठार के बगार तथा जलप्रपात ।

उपरोक्त आधारों पर प्रपात का निम्न कक्षा विभाजन प्रस्तुत किया जा सकता है—



भू-स्थलन द्वारा निर्मित प्रपात

भोयस<sup>1</sup> महानदी के प्रपातों को ऊँचाई तथा विस्तार की दृष्टि से सारणी के रूप में प्रदर्शित किया है। यहाँ पर भोयस के वर्गीकरण को ही प्रस्तुत किया गया है। इस सारणी में दिये गये प्रपातों से भी विस्तृत एवं ऊँचे प्रपात हो, जिनका उल्लेख यहाँ पर नहीं हो पाया हो।

विश्व के महान प्रपात

(अ) उत्तम प्रपात

प्रपात के नाम	ऊँचाई फीट तथा मीटर में	प्राप्ति स्थान
1. योसेमाइट प्रपात	2525 फीट (841.66)	कैलिफोर्निया (संयुक्त राज्य)

प्रपात के नाम	ऊँचाई फीट तथा मीटर में	प्राप्ति स्थान
2. मदरलैण्ड प्रपात (Sutherland)	1904 फीट (634.66)	न्यूजीलैण्ड
3. रोरेमा प्रपात (Roraima)	1500 फीट (500.00)	ब्रिटिश गायना
4. कलाम्बो प्रपात (Kalambo)	1400 फीट (466.66)	दक्षिणी अफ्रीका
5. टाकाकु प्रपात (Takkaku)	1346 फीट (448.66)	ब्रिटिश कोलम्बिया
6. मुल्तनोमा प्रपात (Multnomah)	823 फीट (274.33)	ओरेगन प्रान्त (संयुक्त राज्य)
7. ब्रिडलवेल प्रपात (Bridalveil)	620 फीट (206.66)	योसेमाइट, कैलिफोर्निया (संयुक्त राज्य)

(ब) अधिकतम आयतन वाले प्रपात

1. नियाग्रा प्रपात (Niagra Fall)	167 फीट (51.66)	संयुक्त राज्य तथा कनाडा
2. विक्टोरिया प्रपात (Victoria Fall)	400 फीट (133.33)	दक्षिणी अफ्रीका
3. Iguazu Fall	230 फीट (73.33)	ब्राजील
4. Kaicteur Fall	800 फीट (266.66)	ब्रिटिश गायना
5. Lower Yellow stone Fall	308 फीट (102.66)	वायोमिंग (संयुक्त राज्य)
6. ग्राण्ड प्रपात (Grand Fall)	316 फीट (105.33)	सेन्ट्राडोर (कनाडा)

प्रपातों की उत्पत्ति की दशाएँ—भूपटल पर प्रत्येक नदी अपरदन द्वारा क्रमबद्ध या प्रवर्णित अवस्था (Graded stage) को प्राप्त करते का प्रयास करती है। परन्तु नदी के इस कार्य में रुकावट पड़ जाया करती है। इस रुकावट के कई कारण हो सकते हैं। उदाहरण के लिये कड़ी एवं प्रतिरोधी चट्टानों की स्थिति या भूगर्भीय कारणों द्वारा नदी के मार्ग में उत्थान या ज्वनलन। प्रपात के निर्माण के लिए नदी के मार्ग में तीव्र तथा खड़े ढाल का होना आवश्यक है। यह दशा कई रूपों में प्राप्त होती है। प्रपात के निर्माण की निम्न दशाएँ होती हैं—

1. Theodore W Noyes, The World's Great Water Falls, Nat. Geog Mag Vol 50, pp 29-58, 1926.

• चट्टानों की कठोरता में अन्तर—स्थलछण्ड की चट्टान के अनुसार निर्मित होने वाले प्रपातों को सामान्य प्रपात की सजा प्रदान की जाती है। जब कठोर तथा प्रतिरोधी चट्टान के नीचे मुलायम एवं असंगठित चट्टान की स्थिति होती है तो नदी के जल द्वारा निचली मुलायम चट्टान शीघ्र कट जाती है परन्तु ऊपरी कठोर शैल निकली रहती है। इस तरह एक क्लिफ का निर्माण हो जाता है जिसके खड़े किनारे वाले ढाल से जल के गिरने से प्रपात का आविर्भाव होता है। यदि जल के गिरने वाला भाग कम ढालू होगा तो क्षिप्रिका (Rapids) का निर्माण होता है। प्रायः प्रपात कटता हुआ पोंछे की आर हटता जाता है, जिसे वारण क्रमिक रूप में कई क्षिप्रिकाओं का निर्माण होता है। इस तरह क्रमिक क्षिप्रिकाओं को कासकेड (Cascade) कहते हैं। जब प्रपात में शीघ्र ढाल में अत्यधिक जल गिरता है तो उस महान प्रपात को कैटरेक्ट (Cataract) कहते हैं। चट्टानों की कठोरता कई रूपों में प्रपात बनाने में सहायक होती है। प्रपात का बनाना वास्तव में चट्टानों के स्तरों की स्थिति या दिशा पर आधारित होता है। इस तरह की चार स्थितियों का उल्लेख किया जा सकता है।

(अ) जब चट्टानों के स्तर उद्गम की ओर झुके हों—यदि नदी के मार्ग में विभिन्न कठोरता वाली चट्टानों की परत नदी के उद्गम की ओर झुकी होती हैं तथा यदि ऊपरी भाग कठोर एवं प्रतिरोधी चट्टानों का बना होना है तो प्रपात का निर्माण इस रूप में होता है—नदी का बहना हुआ जल कठोर चट्टान की अपेक्षा मुलायम चट्टान का अधिक अपरदित करता है। ऊपरी ढाल से जल नीचे गिरने लगता है इस क्षिप्रिका कहते हैं। यदि प्रतिरोधी शैल का अगभाग लम्बवत् हो जाता है तो जल ऊर्ध्वाकार रूप में जैचार्ज में निचले ढाल पर गिरता है। इस स्थिति में प्रपात का निर्माण होता है। धीरे-धीरे कठोर शैल भी बरती रहती है तथा प्रपात पोंछे हटता रहता है। जब नदी पूर्णतया ब्रम्बद्ध हो जाती है तो प्रपात का नाश हो जाता है। चित्र 253 में इस स्थिति को प्रदर्शित किया गया है। इस तरह के प्रपात को प्लक शैल प्रपात (Caprock fall) कहते हैं।

(ब) जब चट्टानों के स्तर मुहाने की ओर झुके हों—यदि चट्टानों की स्थिति इस प्रकार हो कि उनकी नति दिशा (Dip) नदी की दिशा के अनुगुण हो अर्थात् कठोर तथा मुलायम चट्टानों के स्तर नदी की दिशा में सूर १ तथा २ की आवरण कठोर जैल का हो तो



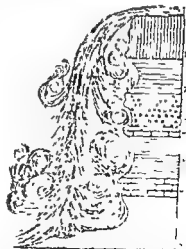
चित्र 253—जलप्रपात का आविर्भाव जब कि शैल स्तर नदी के उद्गम की ओर झुके हो।

निचली कमजोर चट्टानें कट जाती हैं और ढाल इतना हा जाता है कि जल ऊँचाई में गिरने लगता है परन्तु इस अवस्था में केवल क्षिप्रिका का निर्माण हो पाता है क्योंकि प्रतिरोधी शैल के अप्रमाण का ढाल तीव्र नहीं हो पाता



चित्र 254—जलप्रपात का आविर्भाव जब कि शैल स्तर मुहाने की ओर झुके हो।

है। चूँकि इस क्षिप्रिका का निर्माण कठोर आवरण शैल के कारण होता है, अतः इसे प्लक शैल क्षिप्रिका (Cap-rock rapid) कहते हैं।



चित्र 255—जलप्रपात का आविर्भाव जब कि शैल स्तर क्षैतिज अवस्था में हो। 1 शालामाट्ट 2 जैल (Shale), 3 चूने का पत्थर (Limestone) 4 बालुका पत्थर (Sandstone) 5 बालुका पत्थर तथा 6 बालुका पत्थर तथा 7 जैल।

(स) जब चट्टानों की परतें क्षैतिज अवस्था में हैं—जब चट्टानों की ऊपरी परतें कठोर तथा प्रतिरोधी शैल की होती हैं तो उसे छत्रक शैल या टोपी चट्टान (Caprock) कहते हैं। यदि टोपी चट्टान बालुका पत्थर, डोलोमाइट, चूने का पत्थर, आग्नेय शैल या कायान्तरित कठोर शैलों की बनी होती है तथा उनमें नीचे यदि मुलायम और असंगठित शैलें जैसे शैल, ज्वालामुखी-राख आ अनेक सधियों बानी असंगठित चट्टानों की स्थिति हो तो नदी के जल द्वारा निचली मुलायम चट्टान शीघ्र कट जाती है परन्तु ऊपरी कठोर शैल निकली रहती है। यह स्थिति उस समय होती है जब कि चट्टानों की परतें क्षैतिज अवस्था में होती हैं या थोड़ी सी नदी के ऊपरी भाग की ओर झुकी होती है। इस अवस्था में निचली प्रतिरोधी चट्टान का अग्रभाग (Face) प्रायः खड़े ढाल वाला हो जाता है और नदी का जल ऊर्ध्वाकार रूप में गिरता है, जिससे महान प्रपात का निर्माण होता है।

नियाग्रा प्रपात इसका प्रमुख उदाहरण है। इस प्रपात की टोपी चट्टान या छत्रक शैल (Cap rock) डोलोमाइट चट्टान की बनी हुई है। परन्तु इसके नीचे की चट्टान कोमल शैल तथा चूने के पत्थर में मिलित है। यहाँ पर ऊपरी कठोर चट्टान का अग्र भाग खड़े ढाल वाला है, जिस कारण नियाग्रा प्रपात का जल अधिक ऊँचाई (50 9 मीटर) से नीचे की ओर गिरता है तथा विश्व के महान प्रपात की श्रेणी में आता है। इस प्रपात में चट्टानों के स्तर बिल्कुल क्षैतिज नहीं हैं बरन् कुछ ऊपरी घाटा (Lake Erie की ओर) की ओर झुके हैं। नीचे की कोमल चट्टान के कटने के कारण विनफ के निर्माण होने से ऊपरी कठोर चट्टान का भाग इतना निकल जाता है कि वह बिना सहारा के टिक नहीं पाता है। फलस्वरूप टूट कर नीचे गिर जाता है। इस क्रिया के कारण नियाग्रा प्रपात प्रतिवर्ष 3 से 4 फीट की दर से पीछे हट जाता है तथा अनुमान किया जाता है कि एक समय ऐसा आयेगा जब कि समस्त प्रपात पीछे हटने के कारण समाप्त हो जायेगा तथा नियाग्रा नदी के निकास के नीचा हो जाने के कारण उसमें नवोन्मेष आ जायेगा क्योंकि ईरी शैल का जल अधिक मात्रा में एक साथ प्रवाहित होने का प्रयास करेगा। ऐसा अनुमान किया गया है कि अब तक नियाग्रा प्रपात 7 मील तक हट चुका है तथा एक गाँव का निर्माण हो गया है जिसका किनारा नदी की तटों से 360 फीट ऊपर है। कैटूर जल प्रपात (Kaieteur Falls) भी इसी तरह छत्रक शैल प्रपात

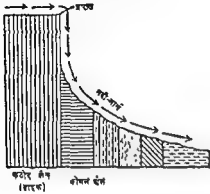
(Cap rock Fall) का गुन्दर उदाहरण है। यहाँ पर ऊपरी चट्टान जिससे होकर प्रपात बनता है, कठोर काग्नोमेरेट की है। पोटारो (Potaro River) ने इस कठोर काग्नोमेरेट के नीचे कोमल बालुका पत्थर की चट्टान को काट कर 225 5 मीटर ऊँचे प्रपात का निर्माण किया है। यह प्रपात ब्रिटिश गायना में स्थित है।

ऊपर वर्णित रोखा पठार तथा रोहतास पठार के प्रपातों को भी इस श्रेणी में रखा जा सकता है क्योंकि दोनों पठारों पर सतत शैल विन्ध्यन क्रम की बालुका प्रस्तर (शैल स्तर प्रायः क्षैतिज रूप में हैं) की है तथा उसके नीचे मुलायम शैल तथा चूना पत्थर की स्थिति है।

(ब) जब चट्टानों की परतें लम्बवत दिशा में हैं—जब विभिन्न प्रकार की चट्टानों के स्तर लम्बवत होते हैं तथा कठोर एवं प्रतिरोधी तथा मुलायम चट्टानों की परतें क्रम से मिलती हैं तो कठोर शैल के बाद कोमल शैल-प्रस्तर शीघ्रता से कट जाती है एवं कठोर शैल अवशिष्ट रह जाती है। फलस्वरूप एक सीब ढाल वाले प्रपात का निर्माण होता है। जिस स्थलखण्ड में डाइक का प्रवेश रहता है, वहाँ पर समीपी चट्टान कट जाती है परन्तु डाइक अपनी कठोरता एवं प्रतिरोधी स्वभाव के कारण बची रहती है तथा उसके ऊपरी भाग में जल के नीचे गिरने से प्रपात का निर्माण होता है। इस तरह के प्रपात अपने स्थान पर स्थायी होते हैं एवं इनमें पीछे की ओर खिसकने की प्रवृत्ति नहीं होती है। इनका हास ऊँचाई में अवश्य होता है, क्योंकि अपरदन द्वारा कठोर शैल धीरे-धीरे ऊपर कटती जाती है और अन्त में प्रपात बिल्कुल नीचा हो जाता है। इस तरह के प्रपातों को लम्बवत् रोधिका प्रपात (Vertical barrier falls) कहते हैं। एलोस्टोन नेशनल पार्क (संयुक्त राज्य) में येलोस्टोन नदी का बृहत् प्रपात (Great Fall) इसी तरह एक गुन्दर उदाहरण है। इस प्रपात का विकास नदी के ऊपरी भाग में लावा के लम्बवत् जमाव के कारण हुआ है। नदी के ऊपरी भाग में कठोर तथा संगठित एवं टिकाऊ लावा की परत है तथा नदी के निचले भाग में असंगठित लावा की परत है। नदी ने असंगठित लावा को काट करके लम्बवत् प्रपात का निर्माण किया है। पोटमक नदी की पोटमक सिप्रिका (Potomac Rapids) का निर्माण अप्लेशियन पीडमाण्ट के पूर्वी किनारे पर हुआ है। जहाँ पर नदी ने पीडमाण्ट की कठोर शैल के

बाद अटलांटिक तटीय मैदान की चौपन चट्टान को काट डाला है।

इस तरह के कई प्रपात रांची पठार के पाट प्रदेश में पाये जाते हैं परन्तु इनकी ऊँचाई 3 मीटर से 30 मीटर



चित्र 256—जलप्रपात का आविर्भाव जब की शैल-स्तर लम्बवत (Vertical) दिशा में हो

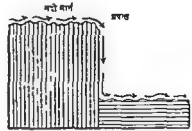
के बीच ही है। इनका निर्माण सरचनात्मक नियंत्रण एवं अपरदन के कारण हुआ है।

हुजारीबाग पठार पर बोकारो नदी पर तूतीशरना प्रपात इस तरह के प्रपात का प्रमुख उदाहरण है। इसका निर्माण डाइक के कारण हुआ है।

(घ) सोपानी प्रपात (Step Falls)—जब असमान सरचना वाली चट्टानों वाले भाग में विशेषक अपरदन (Differential erosion) होता है तो एक ही क्रम में नदी के ऊपरी भाग से नीचे की ओर कई प्रपात या क्षिप्रिकाओं का निर्माण हो जाता है। धूँक ये सोपान (Beaches) की तरह होते हैं, अतः इन्हें सोपानाकार प्रपात या क्षिप्रिकाएँ कहते हैं। राँचा पठार की ओडा नदी के प्रमुख ओडा प्रपात (145 मीटर) के पहले कई लघु सोपानी क्षिप्रिकाएँ पायी जाती हैं।

(च) पठारी प्रपात (Plateau Falls)—निम्न स्थान पर पठार का किनारा समीपी भाग से निकलता होता है तथा ढाल अधिक होता है तो उस पर से नदियों को अचानक नीचे उतरना पड़ता है, जिससे प्रपात का निर्माण होता है। बंगो नदी अरीका के पठार से उतरते समय लिविंगस्टन प्रपात (Livingston Falls) का निर्माण करती है जो कि 275 मीटर ऊँचा है। आरेख नदी भी पठार के किनारे से 140.2 मीटर नीचे उतरकर 'Aughrabies Falls' का निर्माण करती है। उपर्युक्त प्रपातों को सामान्य प्रपात की श्रेणी में रखा जा सकता

है क्योंकि इनका निर्माण एक मात्र सरचना में विभेद तथा विशेषक अपरदन द्वारा ही होता है। राँची पठार की दक्षिणी सीमा पर कारो नदी द्वारा निर्मित फेहआघाघ प्रपात (17 मीटर) इसका उदाहरण है। माण्डेर पठार (मध्य प्रदेश) के प्रपात (30 मीटर से 60 मीटर) इसी श्रेणी में आते हैं।



चित्र 257—पठार के किनारे पर जल प्रपात की स्थिति।

2.—घ्रग प्रपात (Fault Falls)—नदी के मार्ग में घ्रगन (Faulting) की क्रिया होने से जब कठोर तथा प्रतिरोधी चट्टान का भाग नदी के ऊपरी भाग में ऊपर रह जाता है तथा अपेक्षाकृत कम कठोर चट्टानी भाग नीचे धँसक जाता है तो कगार घ्रग (Fault scarp) के सहारे नदी का जल कठोर चट्टान से होकर ऊँचाई में निचली कम कठोर चट्टान पर गिरने लगता है। फलस्वरूप प्रपात का निर्माण होता है। तरह के घ्रगन में पठार चट्टान वाला ऊँचा भाग पीछे की ओर (Up stream) तथा कम कठोर चट्टान वाला भाग आगे की ओर (Down stream) रहता है। जेम्बजी नदी द्वारा निर्मित विक्टोरिया प्रपात प्रायः इसी तरह बना है। यह 110 मीटर की ऊँचाई पर निर्मित है। यद्यपि इन प्रपातों के निर्माण में पठार का भी सहयोग है परन्तु उने जातिरूप में घ्रग प्रपात कहा जा सकता है।

3 उर्ध्वान द्वारा निर्मित प्रपात (Fall due to upliftment)—जब नदियों के मार्ग में मध्यानीय उन्नयन हा जाता है तो ढाल में अचानक परिवर्तन के कारण उँचे स्थानों से जल निचले भाग में गिरने लगता है तथा प्रपातों का आविर्भाव होता है। नदियाँ जब अपरदन द्वारा अपने को पुराने मार्ग तथा ढाल से गाय समाप्तोन्न कर लेती हैं तो ये प्रपात नुप्त हो जाते हैं।

दक्षिणी पलायन उच्चभाग को छोड़ कर जल नदियाँ उत्तर की ओर मध्य निम्न मैदान में प्रविष्ट होती हैं तो टर्मिपरी युग में उन्नयन के कारण निम्न पठारों के सहारे प्रपात बनानी हैं जैसे—(1) रोरो में एक पठार

मीटर पूर्व साफी नदी पर 6.09 तथा 4.57 मीटर ऊँचे प्रपात, (ii) चोरहट ने एक किमी० पूर्व गोबरदाह नदी पर 21.33 मीटर एवं 6.09 मीटर ऊँचे प्रपात, (iii) बरवाडिह से 6 किमी० पूर्व घरघारी नदी पर 21.33 एवं 18.28 मीटर ऊँचे प्रपात, (iv) अमरिहा ग्राम के पास 7.62 मीटर ऊँचे प्रपात, (v) भंडरिया अचल मे हरिहरनज के इनामूदोली ग्राम के निचट पाटम नदी पर पाटम (45.72 मीटर) एवं डाटम (30.45) प्रपात आदि। उत्तरी कोयल नदी की सहायक बूझ नदी का बूझाघाघ प्रपात (148 मीटर) पलामू पठार का सर्वोच्च प्रपात है।

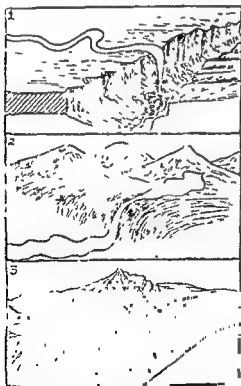
4 नदी की लटकती घाटी वाला प्रपात—(Fall due to hanging valley of a stream)—जब किसी मुख्य नदी में उसकी सहायक नदी मिलती है तथा यदि मुख्य नदी का ढाल सहायक नदी की अपेक्षा थोड़ा ही अधिक होता है तो सहायक नदी का समग्र प्रवाह (Junction) लगभग नदी के तल के बराबर ही होता है। इस

तरह के संगम को संगत संगम (accordant junction) कहते हैं। परन्तु यदि किसी कारण से (सागर तल में गिरावट या नदी के निचले भाग में अवतलन आदि) मुख्य नदी का ढाल उसकी सहायक की अपेक्षा अधिक हो जाता है तो मुख्य नदी अपनी सहायक की अपेक्षा अत्यधिक कटाव करने अपनी घाटी को अत्यधिक गहरी कर लेती है, अतः मुख्य नदी का तल अधिक नीचा हो जाता है। इसके विपरीत सहायक नदी, मुख्य नदी के तल नीचा होने पर भी अपनी घाटी को अधिक गहरी नहीं कर पाती है क्योंकि जल के आयतन और अपरदन के लिये आवश्यक बल की कमी होती है। फल यह होता है कि मुख्य नदी की घाटी, सहायक की घाटी से अधिक नीची हो जाती है। इस तरह के संगम को विसंगत संगम या प्रतिकूल संगम—(Discordant junction) कहते हैं। ऐसे संगम पर सहायक की घाटी मुख्य नदी की घाटी पर ढगी हुई नजर आती है। इस घाटी को लटकती घाटी या निलम्बी घाटी (Hanging valley) कहते हैं। ऐसी परिस्थिति में सहायक नदी का जल ऊँचाई से गिरने के कारण प्रपात बनाता है। सतत प्रवाहित होने वाली नदियों की कुछ ऐसी सहायक नदियाँ होती हैं जो कि अर्द्धशुष्क भागों में आती हैं, जहाँ पर वर्षा सीमानी होती है। उपर्युक्त विधि द्वारा मुख्य नदी की घाटी सहायक की अपेक्षा अधिक गहरी हो जाती है। शुष्क मौसम में, जब कि सहायक नदी के प्रदेश में वर्षा नहीं होती है ता जल के अभाव में उसकी घाटी शुष्क हो जाती है। इस तरह की लटकती घाटी को शुष्क निलम्बी घाटी (Dry hanging valley) कहते हैं। इस घाटी होकर केवल वर्षा के मौसम में नदी अव प्रपात बनाते हैं, अन्यथा शुष्क मौसम में प्रपात निष्क्रिय रहता है।

गंगा नदी (पूर्वी रांची पठार) जोन्हा के पास राहू नदी में मिलती है। यहाँ पर गंगा नदी का मुख राहू नदी पर लटकता हुआ है तथा 25.9 मीटर ऊँचे जोन्हा प्रपात का निर्माण हुआ है। हजारीबाग पठार पर राजरम्पा के पास दामोदर नदी की पुनर्युबनित घाटी के माथे उसकी सहायक भेडा नदी लटकती घाटी वाला प्रपात बनाती हुई दामोदर में गिरती है।

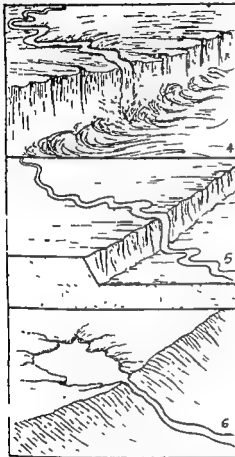
चित्र 258—1. लटकती सहायक नदी (Hanging tributary stream) द्वारा प्रपात, 2. लाया बाँध द्वारा निर्मित प्रपात तथा 3. हिमनदीय लटकती घाटी वाला प्रपात।

5—हिमानी की लटकती घाटी वाला प्रपात (Fall due to glacial hanging valley)—हिमयुगों के समय अनेक नदियों की घाटियों को हिमनद अंगीकृत कर लेने हैं। मुख्य घाटी में प्रवाहित होने वाला हिमानी





सहायक घाटी वाले हिमानी की अपेक्षा अधिक अपरदन द्वारा घाटी को गहरा कर देता है। इस कारण विसंगत तल उत्पन्न हो जाते हैं। हिमयुग के बाद जब हिम पिघल जाती है तो घाटियाँ पुन नदियों के अधिकार में आ जाती हैं। सहायक घाटियाँ, अब मुख्य घाटी के साथ लटकती रहती हैं। फलस्वरूप उनके साथ आने वाला जल मुख्य घाटी के साथ प्रपात बनाता हुआ गिरता है।



चित्र 259—4 तरंग-जनित विलफ द्वारा निर्मित प्रपात, 5, भ्रंश कगार (Fault scarp) वाला प्रपात तथा 6 उत्थान द्वारा निर्मित प्रपात।

इस क्रिया द्वारा बने योसेमाइट घाटी (Yosemite Valley) में अनेक लटकती घाटियाँ तथा प्रपात पाये जाते हैं। हिमानीयुक्त लटकती घाटियों वाले प्रपात नार्वे, स्वीडन, फिनलैण्ड, कनाडा आदि में अधिक मात्रा में मिलते हैं।

6. सरिता अपहरण वाला प्रपात (Fall due to river capture)—ऐसे भागों में जहाँ पर किसी ऊँचे

भाग के ऊपरी सपाट भाग पर बहने वाली सरिता का अपहरण, उस स्थल के निचले भाग अर्थात् नति (Dip) के सहारे बहने वाली सरिता द्वारा कर लिया जाता है तो अपहृत नदी अधिक ऊँचाई से अपहरणकर्ता नदी से मिलती है, फलस्वरूप प्रपात का निर्माण होता है। इस तरह के प्रपात का निर्माण कैटस्किल पठार (Catskill plateau) पर हुआ है। पठार के पूर्वी ढाल पर बहने वाली काटरस्किल क्रोक नदी (Kaaterskill Creek River) ने पठार के ऊपर बहने वाली शोहरी क्रोक (Schoharie Creek) नदी को कई सहायक नदियों का अपहरण कर लिया, जिससे हेन्स प्रपात (Haines Fall) तथा काटरस्किल प्रपात (Kaaterskill) नामक दो प्रपातों का निर्माण हुआ है। सरिता-अपहरण को हर स्थिति में प्रायः प्रपात या क्षिप्रिकाओं का आविर्भाव होता है क्योंकि अपहरणकर्ता नदी की घाटी निश्चय ही अपहृत नदी की घाटी से नीची होती है। अतः अपहृत नदी अपहरण के बाद प्रपात बनती हुई अपहरण करने वाली नदी से मिलती है।

7. सागर-तरंग की लटकती घाटी का प्रपात (Fall of hanging valley due to sea waves)—जिस स्थान पर सागरीय लहरें अधिक वेगवती होती हैं, वहाँ पर ये सागरीय किनारे को काटकर उम खड़ा करके विलफ का निर्माण करती हैं। लहरों के अपरदन के कारण ये विलफ पीछे हट जाते हैं। नदियों की घाटी को गहरा करने की दर इतनी कम रह जाती है कि शीघ्र ही वे इस उठे हुए कगार को काट कर समतल नहीं बना पाती हैं। परिणामस्वरूप विसंगत तल का आविर्भाव होने से नदियों की घाटियाँ सागरीय तट से लटकन लगती हैं तथा उनका जल प्रपात बनाता हुआ सागर में गिरता है। हवाई द्वीप में व्यापारिक ध्वजों इतनी तीव्र होती हैं कि सागरीय किनारों को तीव्रता से काटकर विसंगत तल का निर्माण करती हैं जिससे होवर प्रपात का निर्माण हुआ है।

8. निरुन्वाद्य प्रपात (Knickpoint Fall)—नदियाँ अपरदन द्वारा अपनी क्रमबद्ध अवस्था को प्राप्त कर लेने के बाद क्रमबद्ध वक्र (Grade curve) का निर्माण करती हैं। इससे बीच-बीच में सागर-तल पहले से नीचा हो जाता है तो नदियों के निचले भाग में मधोमधेय आ जाता है जिससे नदियों के अपरदन (निम्न कटाव) की शक्ति बढ़ जाती है। प्रत्येक नदी नये सागर तल के अनुसार अपने को पुनः क्रमबद्ध करना चाहती है। इस

अवस्था में जहाँ पर नये मागर-तन के अनुसार निर्मित नयी परिच्छेदिका या नया बक्र नदी की पुरानी परिच्छेदिका या पुराने बक्र से मिलता है, वहाँ पर ढाल में अन्तर आ जाता है। पहले वाला ढाल, नये ढाल से ऊँचा होता है। फलस्वरूप नदियाँ प्रपात बनाती हुई नीचे उतरती हैं। यह प्रपात सदैव नवोन्मेष-शीर्ष (Head of rejuvenation—निकप्वाइण्ट की नवोन्मेष का शीर्ष) कहते हैं, क्योंकि वह नदी में नवोन्मेष की ऊपरी सीमा को इंगित करता है। पर होता है तथा सदैव पीछे हटता जाता है। जब नदी पुनः क्रमबद्ध हो जाती है तो निकप्वाइण्ट समाप्त हो जाते हैं तथा प्रपात का विलयन हो जाता है।

रांची पठार की स्वर्णरेखा नदी पर दुष्प्रवाह प्रपात (76.67 मीटर), जोन्हा के पास गंगा तथा राहू नदियों के संगम पर जोन्हा या गौतमघाट प्रपात (25.9 मीटर), काची नदी पर दासमघाट प्रपात (39.62 तथा 15.24 मीटर), पलामू पठार पर उत्तरी कोयल नदी की सहायक झड़ा नदी का झड़ाघाट प्रपात (148 मीटर), जबलपुर के पास नर्मदा नदी का धुआघाट प्रपात, रौंसा पठार पर टोम नदी का घुरसा प्रपात, बौहुर नदी पर चबाई प्रपात (127 मीटर), महानदी पर केवटी प्रपात (98 मीटर), ओडा नदी पर ओडाप्रपात (145 मीटर) आदि नवोन्मेष के कारण निर्मित निकप्वाइण्ट प्रपात के उदाहरण हैं।

9 नदी मार्ग में अवरोध के कारण उत्पन्न प्रपात (Fall due to blocking of river course)—कई कारणों से नदी के मार्ग में अवरोध उत्पन्न हो जाते हैं जिस कारण नदी के मार्ग में असमानताएँ उपस्थित हो जाने से प्रपातों का निर्माण होता है। ऐसे प्रपात निम्न रूपों में बनते हैं—

(अ) लावा द्वारा अवरोध—जब नदी के मार्ग में किसी स्थान पर लावा जम कर कठोर तथा गहरी पट्टी बना लेता है तो उसके नीचे की ओर की चट्टान कट जाती है परन्तु कठोर लावा अपनी ऊँचाई को बनाये रखता है। इस मार्ग से नदी का जल नीचे गिरकर प्रपात का निर्माण करता है। इस तरह के प्रपात प्रायः स्थायी हुआ करते हैं परन्तु इनकी ऊँचाई में ह्रास होता रहता है।

(ब) भूमिस्खलन द्वारा (Due to Landslide)—प्रायः नदी की ऊपरी घाटी में चट्टानों का विघटित एवं वियोजित भाग टूट कर नीचे गिरता रहता है, जिस कारण नदी के मार्ग तथा तल में असमानताएँ उत्पन्न हो जाती हैं। इस तरह ऊँचे ढाल से नदी का जल नीचे की

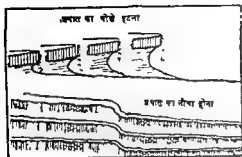
ओर गिरकर अनेक प्रपातों तथा क्षिप्रिकाओं का निर्माण करता है। ये प्रपात अस्थायी होते हैं।

(स) हिमोढ़ निक्षेप द्वारा (Due to Morainic Deposit)—कभी-कभी नदियों के मार्ग में हिमोढ़ के निक्षेप से ढाल में अन्तर आ जाता है, जिस कारण नदियाँ प्रपात का निर्माण करती हैं। इन हिमोढ़ों के जमाव से नदियों का मार्ग अवरोध हो जाता है। नदियाँ इन्हे पार करते समय प्रपात बनाती हैं।

प्रपातों का लुप्त होना (Disappearance of Falls)—प्रपात तथा क्षिप्रिकाएँ स्थायी स्वरूप नहीं होते हैं। नदियों की क्रमबद्ध अवस्था (Graded stage) की प्राप्ति के पहले ही इन स्वरूपों की उपस्थिति रहती है। नदियाँ अपरदन द्वारा अपने मार्ग की असमानताओं को दूर करने का निरन्तर प्रयास करती हैं तथा अपने आधार-तल को प्राप्त करना चाहती हैं। जैसे ही नदियाँ अपने आधार-तल को प्राप्त करने में क्रमबद्ध हो जाती हैं, उनके मार्ग की असमानताएँ समाप्त हो जाती हैं तथा प्रपात आदि समाप्त हो जाते हैं। परन्तु नदियों द्वारा आधार-तल को प्राप्त करना एक विवादास्पद समस्या है। इस अवस्था के लिये लम्बे समय की आवश्यकता होती है, जिस समय स्थलखण्ड स्थिर (Stand still) हो। परन्तु वास्तव में इस दशा का प्राप्त होना काल्पनिक ही है, क्योंकि पृथ्वी इसनी अस्थिर (Unstable) है कि उसमें परिवर्तन होते रहते हैं। इन परिवर्तनों के कारण नदियों के क्रमबद्ध अवस्था को प्राप्त करने में व्यवधान उपस्थित होते रहते हैं तथा नदियों में नवोन्मेष के कारण पुनः प्रपातों का विकास होता रहता है। इससे यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि यद्यपि प्रपात धूपटल पर कहीं न कहीं सदैव मिलते हैं तथा इनकी स्थिति व्यापक होती है परन्तु प्रपात विशेष अस्थायी होते हैं। हो सकता है उनके समापन के बाद दूसरे प्रपात का विकास हो जाय परन्तु यह प्रपात स्थायी नहीं होता है। वह नश्वर होता है। प्रपातों के नष्ट होने तथा लुप्त होने की दो विधियाँ होती हैं—1. प्रपातों का क्षैतिज रूप में पीछे हटना तथा लुप्त होना तथा 2. प्रपातों का लम्बवत रूप में घिस कर नीचा होना।

(i) प्रपातों का पीछे हटना (Receding of water-falls)—जब प्रपात का निर्माण ऐसी चट्टानों पर होता है, जिनकी नति (Dip) उद्गम की ओर होती है (अर्थात् चट्टानों का स्तर नदी के ऊपरी भाग की ओर झुका हो) तो कठोर चट्टानों का, जिनपर होकर प्रपात बनता है,

निकला हुआ भाग टूट कर नीचे गिरता रहता है तथा प्रपात गहरे-गहरे पीछे हटता जाता है। निम्नोक्त प्रपात इसका प्रमुख उदाहरण है जो कि प्रतिवर्ष 3 से 4 फीट की दर से पीछे हटता है। अब तक यह 7 मील तक पीछे हट चुका है। जब नदी क्रमबद्ध (Graded) हो जाती है



चित्र 260—प्रपातों का पीछे हटना तथा नीचा होना।

तो प्रपात बिल्कुल समाप्त हो जाता है। निकम्बाइण्ड प्रपात भी इसी तरह शीघ्र-अपरदन द्वारा पीछे हटता जाता है।

(ii) प्रपातों का नीचा होना (Lowering of falls) जब प्रपातों का निर्माण चट्टानों के लम्बवत स्तरों के सहारा होता है तो प्रपात इस माने में स्थायी होते हैं कि पीछे नहीं हटते हैं परन्तु नदियों द्वारा अपरदन के कारण उनकी ऊँचाई धीरे-धीरे घटती जाती है तथा एक निश्चित समय के बाद प्रपात इतने नीचे हो जाते हैं कि नगण्य होते हैं।

3 जल गतिका (Pot holes)—नदी की तली में जल-भँवर (Eddies) के साथ छोटे-छोटे परस्पर के टुकड़े तेजी से चक्कर लगाते हुए छोटे-छोटे गतों का निर्माण करते हैं। इस तरह के टुकड़ों को छेदक या घर्षण यंत्र (Grinding tools) कहते हैं। जिस तरह बर्तई अपनी वर्मा गोलियों को तेजी से घुमाकर लकड़ी में छिद्र करता है। उसी तरह जल भँवर के साथ तेजी से चक्कर लगाते हुए ये छेदक यंत्र नदी की तली में मुराख तथा छिद्र बनाते हैं। धीरे-धीरे इनका आकार बड़ा जाता है तथा उत्पन्न स्मलरूप को जल गतिका (Pot holes) कहते हैं। एक स्मलरूप के रूप में जल-गतिका महत्वपूर्ण नहीं होती है। इसके द्वारा नदी की अपनी तली को गहरा करने की सामर्थ्य प्रकट होती है। नदियों की ऊपरी घाटी में इस क्रिया द्वारा नदी की घाटी की गहराई में पर्याप्त वृद्धि होती है। मुतायम चट्टानों (जैसे बेसाल्ट) में जल गतिका

का निर्माण शीघ्र हो जाता है परन्तु ये अधिक समय तक स्थायी नहीं रह पाती हैं। इसके विपरीत कठोर चट्टानों (जैसे बेसाल्ट, ग्रेनाइट, ज्वालामुखी आदि) पर निर्मित जलगतिका अधिक समय तक सुरक्षित रहती है। जल-गतिका का आकार उस समय अण्डाकार होता है, जब ये कम गहरी होती हैं। इनका व्यास कुछ सेण्टीमीटर से लेकर कई मीटर तक होता है। व्यास की अपेक्षा गहराई अधिक होती है। जब जलगतिका की गहराई तथा व्यास अधिक होती है तो उसे अवनमन कुण्ड (Plunge pool) कहते हैं।

4 संरचनात्मक सोपान (Structural Benches)—नदी के मार्ग में कभी-कभी कठोर तथा मुलायम चट्टानों की परतें क्रम से एक दूसरे के बाद क्षैतिज अवस्था में मिलती हैं। इस परिस्थिति में नदी द्वारा विशेषक अपरदन (Differential erosion) द्वारा कठोर तथा मुलायम चट्टानों का कटाव विभिन्न दर से होता है। कठोर चट्टानों की अपेक्षा कोमल चट्टानें शीघ्र कट जाती हैं तथा कठोर एवं प्रतिरोधी चट्टानें निकलती रहती हैं। इस तरह विषमक अपरदन द्वारा सापानाकार मीडियाँ या नदी की घाटी के दोनों ओर निर्माण हो जाता है। प्रायः इन्हीं सोपान (Benches) कहा जाता है। परन्तु इन सोपानों को नदी बेदिकाओं या अलग करने के लिए संरचनात्मक सोपान की मंजा प्रदान की जाती है, क्योंकि इनके निर्माण में एकमात्र चट्टान की कठोरता एवं कोमलता का हाथ नहीं है जबकि नदी बेदिकाएँ चट्टानों की कठोरता या कोमलता से सम्बन्धित नहीं होती हैं। देखिये चित्र 240।

### नदी बेदिका (River Terrace)

नदी की घाटी की दोनों ओर सोपानाकार-बेदिकाएँ मिलती हैं, जो कि नदी के प्रारम्भिक तल को प्रदर्शित करती हैं। वास्तव में नदी बेदिकाएँ प्रारम्भिक बाढ़-मैदान के अवशिष्ट चिह्न होती हैं। कभी-कभी नदियाँ की घाटियों में इन बेदिकाओं का क्रम मीथीनुमा होता है तथा एक के बाद एक बेदिकाएँ नीचे की ओर उतरती चली जाती हैं। नदी-बेदिकाएँ एक-दूसरे में नदी के नवोद्भव या पुनर्जन्म की परिचायक होती हैं। बेदिकाएँ कई की संख्या में हो सकती हैं या एक ही हो सकती हैं। कोई बेदिका संतरी भी हो सकती है साथ ही कई किलोमीटर की चौड़ाई में भी हो सकती हैं। दो बेदिकाओं के बीच की ऊँचाई कुछ मीटर से लेकर कुछ मी

मीटर तक हो सकती है। नदी-वेदिकाओं की उत्पत्ति अत्यधिक सरल है। नदी अपनी क्रमबद्ध अवस्था के बाद बाढ़ का मैदान बनाती है। यह बाढ़ का मैदान निश्चय ही एक विस्तृत भाग होता है। इस विस्तृत भाग में जलोढ़ मिट्टी तथा बजरी (Gravel) का निक्षेप होता है। अचानक सागरतल में परिवर्तन के कारण नदी में नवोन्मेष (पुनर्वन-Rejuvenation) आ जाता है, जिससे नदी के निम्न कटाव की सामर्थ्य बढ़ जाती है। परिणामस्वरूप घाटी का गहरा होना प्रारम्भ हो जाता है। अब नदी पुरानी चौड़ी घाटी के अन्तर्गत नवीन एव सकरी घाटी का निर्माण करती है। कुछ समय बाद यह नवीन घाटी क्षैतिज अपरदन (Lateral erosion) द्वारा विस्तृत होती है परन्तु नदी अपनी पहले वाली घाटी के बराबर नहीं हो पाती है। परिणामस्वरूप नदी एक दूसरे बाढ़ के मैदान का निर्माण करती है। प्राचीन घाटी नवीन घाटी से एक सीढ़ी या सोपान द्वारा अलग होती है। इसी सोपान नदी की वेदिका (River Terrace) कहते हैं। नदी में पुनः द्वितीय बार नवोन्मेष आने के कारण दूसरे बाढ़ के मैदान में पुनः तीसरी सकरी घाटी का निर्माण होता है तथा द्वितीय बाढ़ के मैदान का अवशिष्ट भाग सोपान के रूप में बदल कर द्वितीय नदी वेदिका को जन्म देता है। इस क्रिया की पुनरावृत्ति होने से नदी की घाटी में कई क्रमिक वेदिकाएँ निर्मित हो जाती हैं। वास्तव में प्रत्येक पुराना बाढ़ मैदान, नवीन बाढ़ के मैदान के तल से ऊँचा हो जाता है तथा सीढ़ीनुमा सोपानों की रचना होती है। इस आधार पर यह कहा जा सकता है कि नदी के दोनों ओर पुराने बाढ़ के मैदान के अवशेष भाग नदी वेदिकाएँ कहे जा सकते हैं। दूसरे शब्दों में यदि घाटी के दोनों ओर के निर्मित सोपान (Benches) के ऊपरी भाग पहली घाटी के जलोढ़ फर्श या तल (Alluvial floor) रह चुके हों तो उन्हें "नदी वेदिकाएँ" कहते हैं।

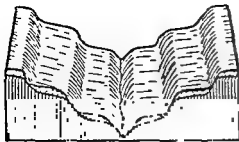
कुछ वेदिकाओं पर जलोढ़, बजरी आदि का जमाव होता है, जबकि कुछ वेदिकाएँ या तो जमाव के हल्के आवरण से आवृत होती हैं या बिल्कुल खुली होती हैं। इस आधार पर वेदिकाओं को दो भागों में विभक्त किया जाता है। 1. शैल संस्तर वेदिका (Bedrock terrace) तथा 2. जलोढ़ वेदिका (Alluvial terrace)। शैल संस्तर वेदिका पर जलोढ़ या बजरी का हल्का आवरण हो सकता है परन्तु प्रायः ये आवरण विहीन होती हैं। वास्तव में ये घाटी-वेदिका (Valley feats) के अवशेष मात्र होती हैं

जिनका निर्माण क्रमबद्ध नदी द्वारा क्षैतिज अपरदन से हुआ रहता है। परन्तु इन वेदिकाओं की संरचनात्मक सोपानों (Structural benches) से अलग ही समझना चाहिए, क्योंकि इनका निर्माण षट्टान की कठोरता या कोमलता के कारण नहीं होता है। जलोढ़ वेदिकाओं पर बजरी तथा जलोढ़ (Gravel and alluvium) का आवरण होता है। इनमें से पुरानी वेदिकाओं से बारीक मिट्टी कट कर बह जाती है परन्तु बजरी रह जाती है। इसके विपरीत नवीन वेदिकाओं पर बजरी तथा बारीक मिट्टी दोनों रहती हैं।

### नदी-वेदिका की उत्पत्ति

नदी वेदिकाओं पर बजरी तथा जलोढ़ मिट्टी के आवरण को लेकर उनके निर्माण के विषय में विद्वानों में पर्याप्त मतभेद है। कुछ लोग नदी वेदिका को नदी द्वारा निक्षेप का परिणाम बताते हैं तो दूसरे लोग इसे अपरदन द्वारा उत्पन्न हुई बताते हैं। गिलबर्ट महोदय ने 1877 ई० में बताया कि नदी वेदिकाएँ नदी के अपरदन द्वारा उत्पन्न होती हैं कि उसके निक्षेप द्वारा। वास्तव में नदी वेदिकाएँ निक्षेप के ही अवशिष्ट भाग होती हैं, परन्तु उनका सोपानाकार रूप नदी के अपरदन द्वारा ही बनता है अर्थात् पुराने बाढ़ के मैदान में नदी द्वारा नवोन्मेष के कारण दूसरी घाटी के निर्माण के फलस्वरूप वेदिका का निर्माण होता है। सन् 1940 ई० में काटन महोदय ने बताया कि नदी वेदिकाएँ नदी के नवोन्मेष के विभिन्न समयों को प्रदर्शित करती हैं। अतः उनको दो वर्गों में विभाजित किया जा सकता है—

1. चक्रीय वेदिका (Cyclic terrace), 2. अचक्रीय वेदिका (Non-cyclic terrace)। चक्रीय वेदिकाएँ मुख्य रूप से युग्मित वेदिकाएँ होती हैं अर्थात् इनमें वेदिकाओं के दोनों किनारों पर जोड़े (Pairs) या युग्म पाये जाते हैं। इन वेदिकाओं का निर्माण उस समय होता है जब कि उत्थान रुक-रुक कर होता है तथा इनकी रचना आंशिक अपरदन-चक्र (Partial cycle of erosion) के समय होती है। युग्मित वेदिकाओं से घाटी के दोनों किनारों पर स्थित एक युग्म या जोड़े की दो वेदिकाओं में समानता होती है। यह युग्मित वेदिका की प्रमुख पहचान है। वास्तव में चक्रीय या युग्मित वेदिका प्रारम्भिक बाढ़ के मैदान के तल की छोटक है, जिसका (बाढ़ के तल) निर्माण नदी के क्षैतिज अपरदन द्वारा हुआ था। नदी वेदिका तथा निचले बाढ़ के मैदान के बीच या दो वेदिकाओं (ऊपर तथा नीचे) के बीच की



चित्र 261—जनोद वेदिकायें (Alluvial Terraces) ।

लम्बवत् दूरी नवोन्मेष के बाद नदी की घाटी के निम्न कटाव की प्रदर्शित करती है। काटन के अनुसार अचक्रीय वेदिकायें (Non-cyclic terraces) आयुग्मित (Non-paired) या युग्म रहित होती हैं। इनका निर्माण उस समय होता है जब कि स्थलखण्ड का उत्थान क्रमिक तथा लगातार होता है। घाटी में नदी-विसर्प की पेटी के इस किनारे से उस किनारे पर छिम्कने के कारण उत्पन्न वेदिकायें विभिन्न ऊँचाइयों पर होती हैं अतः इनमें जोड़े नहीं पाये जाते हैं।

### नदी-विसर्प (River Meander)

प्रौढ़ नदी जब मैदानी भाग का निर्माण करती है तो निम्न कटाव की अपेक्षा क्षैतिज अपरदन अधिक सञ्चिप्त होता है। परिणामस्वरूप नदी अपनी घाटी को गहरा करने के बजाय चौड़ा करना लगती है। इस अवस्था में नदी का मार्ग न ही समतल होता है न एक समान चट्टानों का ही बना होता है। अतः नदियाँ सीधे मार्ग से न प्रवाहित होकर बल छाती हुई टेढ़े-मेढ़े रास्ते से होकर चलती हैं। इस कारण नदी के मार्ग में छोटे-बड़े मोड़ (Bends) बन जाते हैं। इन मोड़ों को ही नदी विसर्प (River meander) कहते हैं। एशिया माइनर की मियाण्डर नदी (Meander River) इसी तरह के बड़े-बड़े मोड़ों से होकर प्रवाहित होती है। इसी नदी के नाम पर नदी के मोड़ों को मियाण्डर या विसर्प कहते हैं। विसर्प के प्रत्येक मोड़ में दो प्रकार के किनारे होते हैं। एक का अवतल ढाल होता है। इस ढाल पर नदी की धारा भीषण टकराती है तथा बटाव अधिक करती है। इस कारण अवतल किनारे पर खिस्फ या कूट (cliff) का निर्माण होता है। इसी आधार पर अवतल किनारे को कूट ढाल या खिस्फ ढाल (Cliff slope) कहते हैं। इस किनारे के दूसरी ओर उत्तल ढाल वाला किनारा होता है। इस किनारे पर अपरदन के बजाय निक्षेप होता है। इस किनारे का ढाल मन्द होता है।

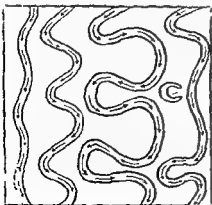
इसे स्कन्ध (विस्तारित ढाल (Slipoff slope) कहते हैं। विसर्प का आकार अर्द्धवृत्ताकार तथा कभी-कभी वृत्ताकार भी होता है। एक विसर्प की लम्बाई, नदी की चौड़ाई द्वारा ज्ञात की जा सकती है। सामान्य रूप से एक विसर्प की लम्बाई, नदी की चौड़ाई से 15 से 18 गुना अधिक होती है। मियाण्डर आंशिक रूप में निक्षेप तथा अधिकाल रूप में क्षैतिज अपरदन तथा लम्बवत् अपरदन (अधकतित विसर्प के सम्बन्ध में) का परिणाम होता है।

विसर्प के प्रकार (Kinds of Meanders)—विसर्प, प्रौढ़ सञ्चिप्ता के क्षैतिज अपरदन का एक सामान्य रूप है। प्रत्येक नदी किसी न किसी रूप में (यदि वह प्रौढावस्था को प्राप्त हो गई है) मैदानी भागों में विसर्प बनाती हुई चलती है। विसर्प का कक्षा विमान-जन तो कठिन कार्य है परन्तु अपरदन-चक्र की अवस्था के हिसाब से विसर्पों को कम से कम दो प्रमुख भागों में विभक्त किया जा सकता है प्रथम, सामान्य विसर्प—जिसका निर्माण नदी के प्रथम चक्र में होता है। द्वितीय अयःकतित विसर्प—जिसका निर्माण नदी में नवोन्मेष के कारण होता है। इन्हें नदी में अपरदन के अनुसार भी दो रूपों में विभक्त कर सकते हैं—1 क्षैतिज अपरदन द्वारा—सामान्य विसर्प तथा 2 लम्बवत् अपरदन द्वारा निर्मित विसर्प—अधकतित विसर्प। एक तीसरा प्रकार भी बताया जा सकता है—भेदेल विसर्प (Misfit or unfit meander)।

(i) सामान्य विसर्प—जब नदी अपने प्रथम अपरदन चक्र के समय विसर्प का निर्माण करती है तो उसे सामान्य विसर्प कहा जाता है। इनका निर्माण मुख्य रूप से नदी के क्षैतिज अपरदन द्वारा होता है। सामान्य विसर्प के निर्माण के लिये कुछ आवश्यक दशाएँ होती हैं जिनका सुलभ होना पर ही विसर्प का निर्माण हो सकता है। यदि कोई नदी अपरद बोलस में अत्यधिक भारित हो तो उसकी भारी अश्विन बोलस के पश्चिम्बन में स्थित हो जाती है तथा केवल निक्षेप का कार्य होता है। इस स्थिति में विसर्प का निर्माण नहीं हो सकेगा। तथा नदियाँ भी जो कि केवल निम्न अपरदन में व्यस्त होती हैं विसर्प का निर्माण नहीं कर सकती हैं। विसर्प के निर्माण के लिए प्रौढ़ नदी में दृढ़ता बोलस होना चाहिए कि नदी निक्षेप के साथ कुछ क्षैतिज अपरदन भी कर सके। दाढ़ के मैदान में प्रवाहित होने वाली नदी में जरा भी अयःकक्षा अत्रिनि में उसमें छोटे-छोटे सामान्य मोड़ पड़

जाते हैं। इस तरह के घुमाव के आन्तरिक भाग (उत्तल किनारे पर) निक्षेप तथा बाह्य भाग (अवतल किनारे) के कटाव के कारण घुमाव बढ़ता जाता है तथा विसर्प का निर्माण हो जाता है। विसर्प के निर्माण तथा विवास के लिए निक्षेप तथा कटाव दोनों कार्य महत्वपूर्ण हैं। यदि नदी में बोज़ की कमी के कारण उत्तल किनारे वाले आन्तरिक भाग में निक्षेप सम्भव नहीं हो पाता है तो नदी के अवतल किनारे वाले बाह्य भाग को काटने की क्रिया मजबूत नहीं हो पाती है। परिणामस्वरूप विसर्प का विकास नहीं हो पाता है। नदी-विसर्प की चौड़ाई, नदी की चौड़ाई की अपेक्षा 15 से 18 गुनी अधिक होती है। विसर्प की चौड़ाई पर नदी के जल के आयतन तथा जल की गहराई का कोई प्रभाव नहीं पड़ता है। उदाहरण के लिए मिसिसिपी नदी में अनेको विसर्प की व्यास 9 मील तक होती है जब कि नदी की चौड़ाई केवल  $\frac{1}{2}$  मील तक है। विसर्प के विकास के साथ उसका नदी के निचले भाग की ओर स्थानांतरण होता जाता है।

**सामान्य विसर्प का विकास**—प्रारम्भ में नदी में सामान्य मोड़ मिलते हैं। नदी-विसर्प द्वारा नदी की घाटी की चौड़ाई तथा लम्बाई दोनों में विकाश होता है। कछारी मैदान वाले भाग में विसर्प का आदिमार्ग तथा विकास सर्वाधिक होता है नदी की धारा अवतल किनारे से सीधी टकराती है तथा उसे काटकर घुमाव और अधिक बड़ा कर देती है। इस अवतल किनारे पर अधोरेखित ढाल (Undercut slope) का निर्माण करती है। दूसरे वाले उत्तल किनारे पर निक्षेप होने से धाराएँ और तेजी से अवतल किनारे से टकराती हैं। इस तरह शून्य-शून्य विसर्प का वक्र बढ़ता जाता है तबाने दी की

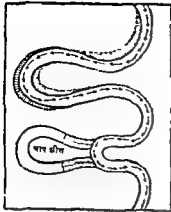


चित्र 262—सामान्य विसर्प का विकास।

दो घाटियाँ एक स्थान पर निकट आने लगती हैं। इसे विसर्प घीवा (Meander neck) कहते हैं। धीरे-धीरे घुमाव बढ़ता जाता है तथा विसर्प घीवा संकरी होती जाती है। चित्र 262 में विसर्प के विकास की क्रमिक अवस्थाओं को दिखाया गया है।

जब विसर्प के वक्र का अत्यधिक विस्तार हो जाता है तो विसर्प घीवा विलुप्त हो जाती है, जिस कारण नदी की दो घाटियाँ मिलकर एक सीधे रूप में बढ़ने लगती हैं। इस प्रकार नदी अपने घुमाव को छोड़ कर छोटे मार्ग से प्रवाहित होने लगती है। नदी अपने पहले वक्र या मोड़ को त्याग देती है। बाढ़ के समय इस वक्र में जल भर जाता है जिससे झील का निर्माण होता है। इस प्रकार की झील को चाप झील या गोखुर झील (Oxbow lake) कहते हैं। बाढ़ के समय विसर्पों के किनारे जलमग्न हो जाते हैं, जिससे घाटी विस्तृत हो जाती है। कभी-कभी विसर्प वाली दो नदियाँ अपने क्षैतिज अपरदन द्वारा दोआब (Interfluvies) या जल-विभाजक को काटकर कम करती रहती हैं। अन्त में जलविभाजक समाप्त हो जाता है तथा दो नदियों के विसर्प मिलकर विस्तृत चट्ट के मैदान का निर्माण करते हैं। विसर्पों द्वारा क्षैतिज अपरदन के कारण जब दो विसर्प एक दूसरे का प्रतिच्छेदन (Intersection) करते हैं तो अधिक सक्रिय नदी दूसरी नदी को अपने में आत्म-सात कर लेती है। इस तरह विसर्प के विकास से सरिता-अपहरण भी होता रहता है।

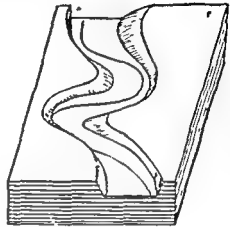
(ii) **अधः कर्तित विसर्प (Incised Meanders)**—अधः कर्तित विसर्प निश्चय ही नदी के नवोन्मेष के परिचायक हैं तथा इनका निर्माण नदी के निम्न कटाव (Down Cutting) द्वारा होता है। जब प्रथम चक्र के समय क्षैतिज अपरदन द्वारा निर्मित सामान्य विसर्प में नदी के नवोन्मेष के कारण निम्न कटाव द्वारा गहरे तयासकरे विसर्प का निर्माण होता है तो उसे अधः कर्तित विसर्प कहते हैं। अधः कर्तित विसर्प के विषये सू-आकृति विज्ञान में विद्वानों ने अलग-अलग कई शब्दों का प्रयोग किया है। फलस्वरूप इस विसर्प के वास्तविक स्वरूप के विषय में पर्याप्त मतान्तर है। जल सस्तर (Bedrock) में कटाव द्वारा निर्मित विसर्प के लिये अंग्रेजी में 5 शब्दों का प्रयोग किया जाता है, जो इस प्रकार हैं—1. Incised meanders (अधः कर्तित), 2. Entrenched meanders (गभीरीभूत विसर्प), 3. Intrenched meanders, 4. Inclosed meanders (पिरा हुआ विसर्प) तथा



चित्र 263—विमर्ष में विकास होने से बाप झील (Oxbow lake) का निर्माण।

5. *Ingrown meanders* (अन्तःकनित विमर्ष)। यद्यपि इन शब्दावलीयों का प्रयोग कई अर्थों में किया गया है, परन्तु जटिलता में बचने के लिये इनके सामान्य अर्थों को ध्याख्या निम्न रूप में दी जा सकती है। *Inclosed* तथा *Incised* विमर्षों का तात्पर्य उन विमर्षों से होना चाहिये जो बट्टानी दीवान में घिरे हों। इस आधार पर *Incised* or *Inclosed* विमर्षों का प्रयोग समानार्थक शब्दावली के रूप में होगा। हिन्दी में इनके लिये अद्य-कनित शब्द का प्रयोग सुगमिल गड़ा जायेगा। अद्य-कनित का अर्थ सामान्य रूप में पुराने विमर्ष में लिया जायेगा (अद्य = नीचे की ओर, कनित = कटा हुआ)। पुन विमर्ष की अनुप्रस्थ परिच्छेदिका (Cross profile of meander) के ढालों तथा किनारों के स्वरूप के आधार पर अद्य कनित विमर्ष को दो वर्गों में रखा जा सकता है। प्रथम वर्ग में उन विमर्षों को रखा जायेगा जिनके चर्र के दोनों ढाल प्रायः समान होंगे। इनके लिये गभीरीभूत विमर्ष (*Entrenched or entrenched meanders*) का प्रयोग होगा। जैसा कि भौतिक शब्द "गभीरीभूत" (गहरा हुआ) से स्पष्ट है, इस तरह के विमर्ष अधिक गहरे होते हैं। द्वितीय वर्ग के अन्तर्गत उन विमर्षों को सम्मिलित किया जायेगा जिन्होंने अपने चर्र में अवतन किनारे (*Concave side*) पर अधिक कटाव द्वारा अधोरतित ढाल (*Undercut slope*) का निर्माण कर दिया हो तथा उत्तव किनारे (*Convex side*) पर निरोध द्वारा स्खम्भ (विस्तारित) ढाल (*Slip-off-Slope*) का निर्माण किया हो। इस तरह के विमर्षों की अनुप्रस्थ परिच्छेदिका के दोनों किनारों के ढाल निश्चय ही असममित (*Asymmetrical*) होंगे। इस

तरह के विमर्षों को "Ingrown meander" या अन्तःकनित विमर्षों की सजा प्रदान की जायेगी। अन्तःकनित का तात्पर्य यहाँ पर विमर्षों की तली के निम्न कटाव में नहीं लिया जायेगा बल्कि उनके किनारों वाली दीवानों में अन्दर की ओर अपरदन में लिया जायेगा, जिसमें प्रायः झिलका का निर्माण हो जाता है। उपर्युक्त आधार पर अद्य कनित विमर्षों को निम्न रूप में वर्गीकृत किया जा सकता है।



चित्र 264—अद्य कनित विमर्ष (*Incised meander*)।

- |   |   |
|---|---|
| अद्य कनित<br>विमर्ष<br>( <i>Incised</i><br>or<br><i>Inclosed</i><br><i>Meanders</i> ) | 1 गभीरीभूत विमर्ष ( <i>Entrenched or entrenched meanders</i> )<br>(इनमें विमर्षों की तली में निम्न कटाव होता है)<br>(य गहराई में बढ़ते हैं)<br>2 अन्तःकनित विमर्ष ( <i>Ingrown meanders</i> )<br>(इनमें तली की अवस्था दावतरी का कटाव अधिक होता है तथा दावतरी में बढ़ते हैं) |
|---|---|

अद्य कनित विमर्षों की उत्पत्ति—प्रायः ऐसा माना जाता है कि अपरदन के प्रथम चर्र के दौरान निम्न गहरे तथा संकरे सामान्य विमर्षों में नदी द्वारा नवान्मेष (द्वितीय चर्र) के कारण निम्न कटाव द्वारा निमित्त पठार तथा संकरे नवीन विमर्षों, अद्यकनित विमर्षों होते हैं। इस तथ्य अद्य कनित विमर्षों मुख्य रूप से अपरदन के द्वितीय चर्र के स्वरूप में होते हैं तथा नदी के नवोन्मेष (*Rejuvenation*) के परिचायक होते हैं। परन्तु इस विचारधारा पर अनेक विद्वानों ने विरोध ही नहीं बल्कि

रोप भी प्रकट किया है। उदाहरण के लिये स्लास<sup>1</sup> तथा कोल<sup>2</sup> ने उपयुक्त मत का खण्डन किया है तथा बताया है कि कुछ अधकृति विसर्प द्वितीय चक्र के लक्षण हो सकते हैं परन्तु यह समके लिये आवश्यक नहीं है। मुरी महोदय ने कोस्तोर्डो पठार की नदियों के Inclosed meanders की उत्पत्ति को बताते समय गभीरीभूत तथा अन्तः कृतित विसर्पों में विभेद स्थापित करते हुए बताया है कि गभीरीभूत विसर्प (Entrenched meander) का निर्माण कठोर चट्टानों वाले भाग में होता है, जबकि अन्तःकृतित विसर्प (Ingrown meander) का आविर्भाव एव विकास कमजोर चट्टान वाले भाग में होता है। इन्होंने बताया कि अधिक बोझ वाली नदी निम्न कटाव करेगी, अतः गभीरीभूत विसर्प का निर्माण होगा, जबकि कम बोझ वाली नदी क्षैतिज अपरदन करेगी, अतः अन्तःकृतित विसर्प बनेंगे। इससे स्पष्ट हो गया है कि गभीरीभूत विसर्प गहरे तथा सँकरे एव अन्तःकृतित विसर्प खुले तथा विस्तृत होते हैं। विसर्प के विषय में प्रस्तुत जटिलताओं के घने जाल में न जाकर सरलीकरण के लिये लेखक यहाँ पर केवल उन विसर्पों का उल्लेख करना चाहता है, जिनका निर्माण नदी में नवोन्मेष के कारण होता है। इनके लिये लेखक एक सामान्य शब्दावली "अधकृतित" (Entrenched or incised) का प्रयोग चाहता है। पथम चक्र के समय नदी अपने सामान्य विसर्प का जब अधिक विस्तार कर लेती है तो विस्तृत तथा अधिक चौड़ाई वाले विसर्प का निर्माण होता है। किसी भी कारण से जब नदी में नवोन्मेष आ जाता है तो उसका क्षैतिज अपरदन समाप्त हो जाता है तथा निम्न कटाव (Down cutting) प्रारम्भ हो जाता है। इस कारण पुराने विसर्प की गहराई बढ़ने लगती है और अन्ततः एक सँकरे तथा गहरे विसर्प का निर्माण होता है। इसे अधकृतित विसर्प की संज्ञा प्रदान की जा सकती है। इसके ढाल समान भी हो सकते हैं, असमान भी। यह खुला भी हो सकता है तथा सँकरा एव गहरा भी। जबलपुर के पास नर्मदा नदी का पुआँछार प्रपात के नीचे भेड़ाघाट का गार्ज तथा राजरण्या (हजारीबाग, बिहार) के पास दामोदर नदी का गार्ज

नवोन्मेष द्वारा जनित अधकृतित विसर्प के प्रमुख उदाहरण हैं।

(iii) बेमेलविसर्प (Misfit or unfit meander)—एक विस्तृत नदी अपनी प्रौढावस्था में विस्तृत बाढ़ के मैदान का निर्माण करती है, जिसमें उसके विसर्प भी अत्यधिक विस्तृत होते हैं। किसी कारणवश जब नदी में जल का आयतन कम हो जाता है तथा नदी सँकरी हो जाती है तो उसके द्वारा निर्मित विसर्प पहले की अपेक्षा कम चौड़े होते हैं। इस तरह नवीन विसर्प के वक्र की अर्धव्यास, पहले वाले विसर्प के वक्र की अर्धव्यास से छोटी रह जाती है। ऐसे विसर्प को बेमेल विसर्प कहते हैं, क्योंकि नवीन विसर्प प्रारम्भिक विसर्प में पूर्णतया मेल नहीं खाते।

### पेनोप्लेन (Peneplain)

समप्राय मैदान (Peneplain) का निर्माण उस समय होता है जबकि नदी की अन्तिम अवस्था में क्षैतिज अपरदन द्वारा सतह की असमानतायें दूर हो जाती हैं। इस समय क्षैतिज अपरदन तथा निक्षेप दोनों मिलकर समप्राय मैदान का निर्माण करते हैं। प्रतिरोधी शैलों के भाग अपरदन-अवशेष (Erosion-remnants) के रूप में वल्ल-तल सामान्य सतह से ऊपर दिखाई पड़ते हैं। इन्हें मोनाडनाक (Monadnocks) कहते हैं। विशेष अध्ययन के लिये देखिये अध्याय "समप्राय मैदान"।

### नदी का निक्षेपात्मक कार्य

#### (Depositional Work of Stream)

यदि नदी का अपरदन-कार्य विनाशात्मक होता है तो निक्षेप का कार्य रचनात्मक होता है। अपरदन के समय नदियाँ स्थलखण्ड को काट कर, घिस कर या चिकना बनाकर विभिन्न स्थलरूपों का निर्माण करती हैं। इसके विपरीत निक्षेपात्मक कार्य में तरह-तरह के मलबा को विभिन्न रूपों में जमा करके विचित्र भू-दृश्य (Landscapes) का रचना करती हैं। भू-आकृति विज्ञान में अपरदन से उत्पन्न स्थलरूपों को अधिक महत्व प्रदान किया जाता है, क्योंकि ये स्थल की सामान्य सतह से ऊँचे होते हैं तथा आसानी से देखे जा सकते हैं। इसका तात्पर्य यह नहीं है कि निक्षेपात्मक

1. Blache, Jules (1939)—Le probleme des meanders encaisses et les rivières Lorraines, J. Geomorph. 2. pp 201-212.

2. Cole, W. S. (1930)—The interpretation of entrenched meanders, J. Geol., 38, pp. 423-436.



कार्य नगण्य है। निक्षेपात्मक स्थलरूप भी मानव के लिये अत्यधिक आर्थिक महत्त्व वाले होते हैं। उदाहरण के लिये डेल्टा आदि कृषि की दृष्टि से उपजाऊ होते हैं। बाढ़ के समय बिछायी गई जलोढ़ मिट्टियाँ कृषि के लिये सर्वोत्तम मानी जाती हैं। निक्षेप द्वारा उत्पन्न स्थलरूपों की व्याख्या के पहले निक्षेप के कारण, निक्षेप के उचित स्थान आदि का उल्लेख आवश्यक है।

**निक्षेप के कारण** - नदी के ढाल, आपतन तथा वेग में वृद्धि के कारण अपरदन अधिक होता है। इन स्थितियों के विपरीत दशाओं में निक्षेप होता है। जब नदी में इतना बोझ हो जाता है कि वह इसका परिवहन नहीं कर पाती है तो परिवहन-सामर्थ्य से अधिक पदार्थों का निक्षेप होने लगता है। निक्षेपण का तात्पर्य सामान्य व्यक्ति नदी के डेल्टा से लगाता है तथा इसे नदी की वृद्धावस्था का प्रतिफल जानता है। यद्यपि नदी अपनी वृद्धावस्था में जमाव अधिक करती है परन्तु इसका तात्पर्य यह नहीं है कि अन्य अवस्थाओं में जमाव होता ही नहीं। अपरदन तथा निक्षेप में अनन्य सम्बन्ध होता है। जैसे ही अपरदन होने लगता है, यद्यपि नगण्य मात्रा में हो सही निक्षेपण प्रारम्भ हो जाता है। जलोढ़ पंखों का निर्माण इस बात का परिचायक है क्योंकि इनकी रचना नदी की तरणावस्था के अन्तिम चरण में उस स्थान पर होती है, जहाँ पर नदी पहाड़ी से उतर कर मैदानों में प्रवेश करती है। नदी द्वारा निक्षेपण मुख्य रूप से दो कारणों से होता है। प्रथम, नदी की परिवहन सामर्थ्य में कमी तथा द्वितीय अत्यधिक बोझ के कारण नदी द्वारा गमस्त पदार्थों को परिवहन करने की असमर्थता। नदी की परिवहन सामर्थ्य मुख्य रूप से नदी के वेग पर आधारित होता है तथा नदी का वेग, नदी के मार्ग के ढाल, नदी के जल के आपतन तथा नदी के जलमार्ग के रूप पर आधारित होता है। यदि ढाल अधिक होगा, जल वर्माण होगा तथा नदी का जलमार्ग सीधा होगा तो नदी का वेग निश्चय ही अधिक होगा और जब नदी का वेग अधिक होगा तो उसकी परिवहन-शक्ति भी अधिक होगी। इसके विपरीत दशा में उसकी परिवहन-शक्ति घटेगी। प्रयोगों का आधार पर यह बताया गया है कि यदि नदी का वेग दो गुना कर दिया जाय तो नदी की परिवहन शक्ति 64 गुना अधिक हो जाती है। अतः नदी के वेग में कमी ही निक्षेपण का प्रधान कारण है। नदी की परिवहन-शक्ति में कमी (जिसके कारण जमाव सम्भव होता है) के निम्न कारण हो सकते हैं—

1. नदी के वेग में कमी—नदी के वेग में कमी कई कारणों से होती है—

(अ) नदी के ढाल में कमी—नदी के ढाल में कमी के कारण नदी के बहने की गति में निश्चय ही कमी आ जाती है। ढाल में कमी के कई कारण होते हैं। उदाहरण के लिए 1 पटन-विरूपण के कारण (Due to diastrophism) नदी के मार्ग में स्थल का नीचा होना या उसका एक तरफ झुक जाना। 2. मुख्य नदी के डेल्टा में विस्तार। 3. नदी के ऊपरी भाग से नीचे की ओर पदार्पण। 4. नदी के मार्ग में अधिक घुमाव का होना तथा 5. अधिक अपरदन के कारण नदी का क्रमबद्ध अवस्था की ओर पदार्पण।

(ब) नदी के जल में अधिक विस्तार—जब नदी का जल अधिक दूरी में विस्तृत होकर प्रवाहित होता है तो निश्चय ही नदी का वेग क्षीण हो जाता है। सकेर मार्ग से प्रवाहित होने वाले जल का वेग अधिक होता है परन्तु जब वही जल अधिक विस्तृत भाग पर फैल कर बहता है तो नदी का वेग कम होता है। नदी के जल का विस्तृत होना कई बातों पर आधारित होता है—1. जब नदी पर्वतीय भाग में उतर कर निचले भाग में आती है तो ढाल की कमी के कारण जल अधिक दूरी में फैल जाता है। 2. बाढ़ के समय सरिता का जल नदी के किनारों के ऊपर से होकर विस्तृत भागों में फैल जाता है।

(स) नदी के मार्ग में अवरोध—जब नदी के मार्ग में अवरोध उत्पन्न हो जाता है तो नदी का वेग कम हो जाता है। यह अवरोध कई रूपों में होता है। उदाहरण के लिये—1. भूमि-स्खलन (Landslide) के कारण चट्टानों का भाग घिसक कर नदी के मार्ग में आकर बाध के रूप में अस्थायी अवरोध उत्पन्न कर देता है। 2. कभी-कभी नदियों के मार्ग में बानुका स्तूपों (Sand-dunes) के निर्माण में अवरोध हो जाता है। 3. नदी के साथ बहन हुए लकड़ों के टुकड़ों जब नदी की प्रवाह-दिशा (Transverse) में आ जाते हैं तो मार्ग में बाधा-गण अवरोध हो जाता है। 4. अचानक अधिक निक्षेपण में प्रवाह अवरोध हो जाता है।

(द) नदी के जल के आपतन में कमी—जब अचानक या धीरे-धीरे नदी में जल की प्रति कम हो जाती है तो आपतन में कमी आ जाने से नदी का वेग कम हो जाता है। यह सामान्य सत्य है कि अधिक आपतन वाली नदी, तीव्र ढाल के साथ तीव्र वेग वाली होती है। नदी के आपतन में कमी अप्रतिष्ठित कारणों से होती है—

1. जलवायु में परिवर्तन के कारण वर्षा में कमी के कारण बाही जल (Runoff) में कमी। 2. शुष्क भागों में वाष्पीकरण द्वारा जल का विनाश। 3. निस्पन्दन (Seepage-जल का नीचे रिसना) के कारण नदी के जल में ह्रास। 4. सरिता-अपहरण द्वारा नदी की सहायक नदियों के जल का अपहरणकर्ता नदी में चला जाना या मुख्य नदी के कुछ भाग का अपहरण द्वारा अपहरणकर्ता नदी में मिल जाना। 5. मानव द्वारा नहर आदि के लिये नदी के जल का बड़े पैमाने पर उपयोग। 6. मुख्य नदी की मुख्य जलधारा का कई जलधाराओं में बंट जाने के कारण प्रत्येक जलधारा के आयतन में कमी तथा 7. बाढ़ के चले जाने पर आयतन में अस्थायी कमी।

2. नदी में बोस की वृद्धि—जब नदी में परिवहन किये जाने वाली पदार्थों की मात्रा नदी की परिवहन सामर्थ्य से अधिक हो जाती है तो नदी को अतिभारित नदी (Overloaded stream) कहते हैं। ऐसी अवस्था में नदी अपने अतिरिक्त पदार्थों का निक्षेपण करना प्रारम्भ कर बेती है। नदी के भार में वृद्धि अनिश्चित रूपों में होती है।

(अ) नदी के शीर्ष भाग में अपरदन के कारण निचले भाग में भार की वृद्धि।

(ब) हिमानी जलोढ़ (Glaciofluvial) द्वारा नदी के भार में वृद्धि। जब हिमानी पिघल जाता है तो उसने अपरदन द्वारा प्राप्त भलवे को हिमानी जलोढ़ कहते हैं।

(ग) मुख्य नदी की सहायक नदियों द्वारा अत्यधिक भलवे का लाया जाना।

(द) वनस्पति-आवरण की कमी के कारण नदी के मार्ग में अधिक अपरदन द्वारा भलवा का आना। प्रायः ऐसा होता है कि उच्च ढाल से आने वाली नदियाँ अपने साथ इतना अधिक भलवा ला देती हैं कि नदी उसे दोने में समर्थ नहीं हो पाती है। फलस्वरूप मुख्य नदी द्वारा अतिरिक्त पदार्थों का निक्षेपण प्रारम्भ हो जाता है।

उपर्युक्त विवरण में आधार पर यह कहा जा सकता है कि जब नदी के वेग में कई कारणों से अत्यन्त कमी आ जाती है तथा नदी में भार की अधिकता हो जाती है तो निक्षेप होने लगता है। यह निक्षेप कहाँ होगा और कहाँ अधिक तथा कहाँ कम होगा? आदि नदी के वेग

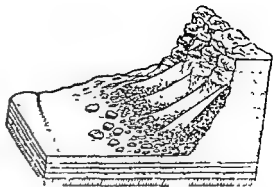
में कमी की मात्रा तथा नदी-भार की मात्रा पर आधारित होता है। नदी की निचली घाटी में वेग में निहायत कमी तथा भार में अधिकता के कारण जमाव अधिक होता है। बाढ़ के मैदान, डेल्टा आदि नदी की निचली घाटी के जमाव के उदाहरण हैं। निक्षेपण की मात्रा भार के पदार्थों के आकार पर भी आधारित होती है। उदाहरण के लिये नदी की तीव्र धारा के साथ यदि बड़े-बड़े टुकड़े चल रहे हों तो नदी के वेग में साधारण कमी आने पर ही इन टुकड़ों का जमाव हो जाता है, जब कि महीन कण नदी के वेग में अत्यधिक कमी आने पर भी अधिक दूरी तक चलते रहते हैं। नदी का जमाव तीन स्थानों पर होता है—1. नदी की तली में 2. नदी के किनारे वाले स्थलीय भाग में तथा 3. जल भाग में (सागर या झील, जिसमें नदी भी गिरती है)। नदी की तली में उस समय निक्षेप होता है जब कि नदी अतिभारित (Over loaded) हो जाती है, अर्थात् अपनी परिवहन-शक्ति से अधिक पदार्थ प्राप्त कर लेती है। इस स्थिति में नदी के पेटे में कई मीटर मोटे जलोढ़ का निक्षेप हो जाता है तथा नदी की तली ऊपर उठ आती है। परिणाम स्वरूप नदी को गहराई कम हो जाती है परन्तु चौड़ाई बढ़ने लगती है। ऐसी अवस्था में नदी कई शाखाओं में बंट जाती है तथा देखने में जीर्ण नजर आती है, जब कि वास्तव में वह तरुण होती है। नदी की तली में बड़े टुकड़ों का भी जमाव होता है परन्तु यह एक स्थान पर स्थायी नहीं रहता है। इन्हे नदी मुटका कर स्थानान्तरित करती रहती है।

निक्षेप द्वारा उत्पन्न स्थलरूप (Landforms resulting from stream-deposition)—नदी के निक्षेप द्वारा विभिन्न प्रकार के स्थलरूपों का निर्माण होता है, जिन्हें रचनात्मक भूदृश्य (Landscape) कहते हैं। प्रमुख निक्षेपात्मक स्थलरूप निम्नलिखित हैं—

1. जलोढ़ पंख (Alluvial Fans),
2. जलोढ़ शंकु (Alluvial cones),
3. बालुका पुलिन या बालुका तट (Sand Bank—संकत तट),
4. प्राकृतिक तटबन्धन (Natural levees) या प्राकृतिक बाँध (Natural embankment),
5. बाढ़ का मैदान (Flood plains) तथा
6. डेल्टा (Delta)।

## जलोढ़ पंख (Alluvial Fans)

जलोढ़ पंख सरिता द्वारा रचनात्मक स्वरूपों में महत्वपूर्ण होता है। नदियाँ अधिक बोल के साथ जब पर्वतीय ढाल के सहारे नीचे उतरकर समतल भाग में प्रवेश करती हैं तो उनके वेग में अचानक कमी आ जाती है। इस कारण चट्टानों के बड़े-बड़े टुकड़े से लेकर बारीक टुकड़े भी पर्वतीय ढाल के आधार (Foot) पर पद के पास जमा हो जाते हैं, क्योंकि नदी की परिवहन शक्ति में कमी हो जाने के कारण इन पदार्थों का परिवहन नहीं किया जा सकता है। परिणामस्वरूप पर्वतीय ढाल के आधार-तल के पास अर्द्धवृत्ताकार रूप में पदार्थों का निक्षेप हो जाता है, जिसे जलोढ़ पंख कहते हैं। इन पंखों की संरचना इस प्रकार की होती है, कि बारीक वणों का निक्षेप पंख के किनारे वाले भाग में होता है तथा बड़े वणों का जमाव पिछले भाग अर्थात् ढाल के पास होता है। दूबरे शब्दों में जैसे-जैसे पर्वतीय ढाल से दूर हटते जाते हैं। निक्षेपित पदार्थ बारीक होते जाते हैं। जब अधिक ऊँचे ढाल से नदी के नीचे आने पर ऊँचे पंख का निर्माण होता है तो उसका ढाल अधिक होता है। इस प्रकार के पंख को जलोढ़ शंकु (Alluvial cones) कहते हैं। यहाँ पर टालस शंकु (Talus cone) तथा जलोढ़ शंकु में अन्तर स्थापित करना अति आवश्यक है। ये दोनों स्वरूप विभिन्न प्रकार की क्रियाओं द्वारा निर्मित होते हैं। टालस शंकु का निर्माण अपक्षय के कारण पत्थर चट्टानों (Rock waste) के सामूहिक स्थानान्तरण (Mass translocation) के अन्तर्गत भूमि सर्पण या मृदा सर्पण (Land creep and soil creep) के कारण होता है तथा जल का हाथ बहुत कम होता है। इसके विपरीत जलोढ़ शंकु का निर्माण जल की क्रिया द्वारा होता है। इसका निर्माण नदी के पहाड़ी ढाल के नीचे उतरने पर ढाल में कमी आने के कारण मतवा के निक्षेप द्वारा होता है। टालस शंकु में बड़े टुकड़े शंकु की परिधि के पास होते हैं तथा बारीक वण सबसे पीछे अर्थात् ढाल के पास होते हैं। इससे विपरीत जलोढ़ शंकु में महान् वण परिधि के पास तथा बड़े टुकड़े ढाल के पास होते हैं। टालस शंकु के निर्माण में गुरुत्व शक्ति बिना जल की सहायता के पदार्थों को ऊपरी ढाल से नीचे की ओर लाती है, जबकि जलोढ़ शंकु की रचना में गुरुत्व शक्ति जल की सहायता से पदार्थों को नीचे लाती है। अर्द्धवृत्ताकार भागों में जलोढ़ शंकु के निर्माण के लिये अधिक सुविधाजनक परिस्थि-



चित्र 265—जलोढ़ शंकु (Alluvial Cone)।

तियाँ मिलती हैं। वर्षा की अनिश्चितता के कारण कभी-कभी जब अचानक भारी वर्षा हो जाती है तो अल्पकालिक नदियाँ अपने साथ तीव्र अपरदन के कारण अधिक मात्रा में मतवा का एकत्रीकरण ऊपरी ढाल से नीचे की ओर करती हैं, जिस कारण बड़े शंकुओं का निर्माण होता है।

जलोढ़ पंख की उत्पत्ति तथा संरचना—जलोढ़ पंख वास्तव में जलोढ़ शंकु ही होते हैं, अन्तर केवल इतना होता है कि शंकु की अपेक्षा पंख का ढाल मन्द होता है। दोनों के निर्माण की प्रक्रिया में भी सामान्य अन्तर अवश्य होता है। अधिक ढाल वाले तथा ऊँचे शंकु का निर्माण



चित्र 266—जलोढ़ पंख (Alluvial Fan)।

उस समय होता है, जबकि पर्वतीय ढाल, जिसमें होकर नदी उतरती है, अधिक होता है ताकि मतवा अधिक दूर तक न फैलकर सीमित क्षेत्र में ही एकत्रित हो जाय। इससे निर्माण के लिये जल की कमी तथा मतवा की आवश्यकता होती है। इसके विपरीत पंख की रचना उस समय होती है, जबकि पर्वतीय ढाल अधिक तीव्र न हो, जल की मात्रा मतवा के अपेक्षा अधिक हो। ऐसी परिस्थिति में मतवा दूर तक फैलकर अर्द्धवृत्ताकार रूप धारण कर लेता है। जलोढ़ पंख की संरचना सामान्य होती है। नदी अपने शीर्ष क्षेत्र के अपरदन द्वारा अल्प-

धिक मलवा प्राप्त कर लेती है। जब वह पहाड़ी ढाल के नीचे उतरती है तो ढाल में अचानक कमी के कारण नदी का वेग कम हो जाता है। परिणामस्वरूप परिवहन शक्ति में कमी के कारण ढाल के निचले भाग पर नदी इसलिये निक्षेप करने लगती है कि उसका ढाल ऊँचा हो जाय ताकि अधिक मलवा का परिवहन हो सके। इस परिस्थिति में बड़े-बड़े टुकड़े ढाल के निचले भाग में छट जाते हैं तथा पंख का निर्माण होता है। एक समय आता है जबकि नदी अपने शीर्ष भाग का पर्याप्त अपरदन करके उसे नीचा कर देती है। इस स्थिति के कारण नदी के ऊपरी भाग में मलवा की कमी हो जाती है, जिससे पूर्वनिर्मित पंख से होकर प्रवाहित होने वाली नदी उस पंख का कटाव करना प्रारम्भ कर देती है। इस तरह बिना किसी उत्थान के ही पंख में प्रवाहित होने वाली नदी में नवीनमेष आ जाता है तथा पंख के कटाव के कारण नदी में पुन मलवा की अधिकता हो जाती है। पुराने पंख की परिधि के पास नदी अतिभारित (Over Loaded) हो जाती है। फलस्वरूप पंख की परिधि के पास पहले की अपेक्षा अधिक मलवा का निक्षेप करती है, जिससे द्वितीय पंख का निर्माण होता है। उपर्युक्त क्रिया की पुनरावृत्ति के कारण द्वितीय पंख के कटाव से उसकी परिधि के पास निक्षेप होने में तृतीय पंख का निर्माण हो जाता है। इस तरह के क्रमिक जलोढ़ पंखों की स्थिति में ढाल में अचानक क्रमिक परिवर्तन का भ्रम नहीं करना चाहिए। जलोढ़ पंख की सतह के ऊपर से प्रवाहित होने वाली नदी की स्थिति में पर्याप्त अन्तर होता रहता है। पंख की चोटी या शीर्ष (Head or apex of fan) के पास नदी कई शाखाओं में विभाजित हो जाती है। कुछ दूरी के बाद यह पंख की बजरी में लुप्त हो जाती है तथा कई किलोमीटर की दूरी तय करके निचले ढाल पर छोट या झरने के रूप में प्रकट होती है। इस प्रकार नदी की शुष्कित नदी (Braided River) कहते हैं। वर्ष के अधिकतम समय तक ये शुष्कित नदियाँ शुष्क रहती हैं। केवल तेज वर्षा के समय जलमग्न रहती हैं। जलोढ़ पंखों का निर्माण निम्न स्थानों पर हो सकता है— 1. पहाड़ी ढाल के निचले भाग में (At the foot of hill slopes); 2. प्लेक पर्वत के अध्रभाग के सहारे जहाँ नदियाँ ऊपर से उतर कर सपाट मैदान पर प्रकट होती हैं और 3. हिमानीकृत क्षोभी (Glacial trough) के किनारे पर जहाँ लटकती घाटियों से नदियाँ सपाट मैदान में उतरती हैं।

जलोढ़ पंख में शून्य-शून्य विस्तार तथा विकास होता रहता है। यह विकास दो रूपों में होता है। प्रथम रूप में पंख का क्षेत्रीय विस्तार होता है और द्वितीय रूप में लगातार मलवा के ऊपर मलवा के निक्षेप के कारण पंख की ऊँचाई बढ़ती जाती है तथा पंख के ढाल में भी वृद्धि होती है। अन्ततः ढाल में अधिक वृद्धि होने पर पंख, जलोढ़ शंकु में बदल जाता है। पर्वतीय ढालों के निचले भाग पर कई नदियों तथा नालों द्वारा अलग-अलग पंखों का निर्माण होता है तथा इन पंखों में पार्श्ववर्ती विस्तार होने से एक से अधिक पंख मिल जाते हैं तथा एक विस्तृत पंख का निर्माण करते हैं, जिसे संयुक्त जलोढ़ पंख (Compound alluvial fan) कहा जाता है। इन पंखों के मिलने से एक विस्तृत निक्षेप के मैदान का सृजन होता है, जिसे गिरिपदीय जलोढ़ मैदान (Piedmont alluvial plain) कहा जाता है। इस तरह के पंख खासकर पर्वत श्रेणियों के आधारी पर मिलते हैं। इस तरह के पंख में जलोढ़ की गहराई सैकड़ों मीटर तक हो जाती है। इस गिरिपदीय जलोढ़ मैदान में पंख की चोटी से परिधि की ओर ढाल कम हो जाता है तथा नदी कई शाखाओं में बंट कर गहरे खड्ड बनाकर बहती है।

जलोढ़ पंख का रूप—जैसा कि ऊपर बताया जा चुका है कि जलोढ़ पंख का आकार प्रायः अर्द्धवृत्ताकार या धनुषाकार होता है, जिसकी चोटी उस कन्दरा के मुख पर होती है, जहाँ से नदी निकलकर निचले ढाल के निचले भाग पर आती है। यदि पंख के अनुदैर्घ्य परिच्छेदिका (Longitudinal profile) पर दृष्टिगत किया जाय तो वह चोटी की ओर अवतल होती है। पंख की अनुप्रस्थ परिच्छेदिका, जो कि पर्वतीय अध्रभाग के समानांतर होती है। उत्तल होती है। यह स्थिति प्रत्येक एकाकी पंख में होती है, पंखों का क्षेत्रीय विस्तार अलग-अलग होता है, परन्तु सामान्य रूप में पंखों का अर्द्धव्यास कुछ किलोमीटर से सैकड़ों किलोमीटर तक हो सकता है। उदाहरण के लिए मॅर्सीपोनिया की मरसीड नदी (Marced River) का जलोढ़ पंख 40 मील (64 किलोमीटर) के व्यास वाला है। जलोढ़ पंखों के कई उदाहरण भारत में हिमालय पर्वत के गिरिपदीय क्षेत्रों में मिलते हैं, जहाँ पर नदियाँ ऊँचे ढाल से अचानक कम ढाल पर आने से कारण विभाजित पंखों का निर्माण करती हैं।

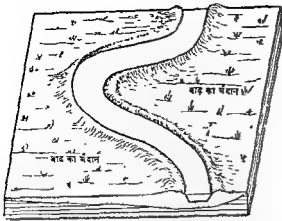
जलोढ़ पंख का महत्त्व—जलोढ़ पंख भौगोलिक तथा आर्थिक दोनों दृष्टियों से महत्त्वपूर्ण होते हैं। गिरिपदीय

जलोढ़ मैदान (Piedmont alluvial plain) जब अधिक विस्तृत तथा सगठित हो जाते हैं तो उनकी परिधि के समीप मानव-आवास बन जाते हैं तथा उनमें क्रमिक विकास के कारण नगरीय विकास हो जाता है। उदाहरण के लिए रोम नदी की ऊपरी घाटी में जलोढ़ पंखों के पास कई नगर बन गये हैं। जलोढ़ पंखों में ऊपर बजरी में जल रिस कर निचली परत में चला जाता है। शुष्क मौसम में जब ऊपर का जल सुप्त हो जाता है तो कम गहराई वाले कुएँ खोदकर इनसे जल आसानी से प्राप्त किया जा सकता है। कृषि की दृष्टि में जलोढ़ पंख अत्यधिक महत्व वाले होते हैं। पंख की परिधि के पास महीन कणों वाली जलोढ़ मिट्टी (कठारी मिट्टी) का विस्तार होता है। यह मिट्टी खेती के लिए अधिक उपजाऊ होती है। इन पंखों में छोटी से लेकर परिधि तक कई झरने मिलते हैं, जिनमें मिर्चाई के लिए आवश्यक जल मिल जाता है। अर्द्धशुष्क प्रदेशों में जलोढ़ पंख जैती के लिए उत्तम स्थल होने हैं।

### तट-बन्ध (Levees)

नदी के दोनों किनारों पर मिट्टियों के जमाव द्वारा बने समवे-सम्बन्ध बन्धों को 'लो रिज' कहते हैं (Low ridges) के समान होने के तटबन्ध कहते हैं। चूंकि ये बन्ध प्रकृति द्वारा बनाए गये हैं तथा इनमें बाढ़ के समय सुरक्षा होती है, अतः इन तटबन्धों को प्राकृतिक तट-बन्ध (Natural levees) कहते हैं। जलोढ़ पंख तथा डेल्टा के समान तटबन्ध नदी के सामान्य रचनात्मक स्वरूप नहीं होते अर्थात् ये प्रत्येक नदी में सदैव नहीं मिलते हैं। इस कारण जहाँ कहीं भी प्राकृतिक तटबन्ध निर्मित हो जाते हैं, वास्तव में ये विविध स्वरूप का प्रदर्शन करते हैं। तटबन्ध का निर्माण नदी द्वारा मलबा के निक्षेप के कारण होता है तथा इसकी उत्पत्ति सरल है। प्रत्येक नदी की घाटी के दोनों ओर किनारे होते हैं, जिनके बीच से होकर नदी प्रवाहित होती है। जब तब नदी अपने किनारों के बीच से होकर प्रवाहित होती है, वह अपने भार का बहुत बगती हुई सीढ़ी रूप में चलती है। जब नदी अपने किनारों को पार कर लेती है (बाढ़ के समय) तो उसका जल फैल कर दूर तक बहने लगता है। फलस्वरूप नदी के वेग में कमी के कारण निक्षेप होने लगता है। इस निक्षेप के कारण नदी के दोनों ओर कम ऊँचाई वाले बाँध के रूप में समवे-सम्बन्ध बन्ध (Long ridges) का निर्माण हो जाता है। इन कणों का निर्माण नदी के

किनारे के सहारे होता है। बड़े कणों का जमाव नदी की घाटी की ओर होता है तथा महीन कणों का निक्षेप बाँध के बाह्य भाग की ओर होता है। तटबन्धों की ऊँचाई नदी के जल-तल से कई मीटर तक होती है परन्तु सामान्य ऊँचाई 10 मीटर के अन्दर ही होती है। मिसौरी-सीपी नदी के प्राकृतिक तटबन्ध की ऊँचाई 6 से 7 6 मीटर तक पायी जाती है। तटबन्ध, विस्तृत तथा भयानक बाढ़ों को छोड़कर, नदी के जल के पार्श्विक फैलाव की सीमा निर्धारित करते हैं। अतः गुरुत्व एवं ऊँचे तटबन्धों पर बाह्य दान की ओर मानव-आवास तथा वस्तुओं का विचार हो जाता है। ये तटबन्ध कृषि के लिये भी प्रयोग किये जाते हैं, क्योंकि इनमें जल-तल (Water table) ऊँचा रहता है, अतः पर्याप्त नमी मिलती रहती है। सामान्य रूप से तटबन्ध नदी के बाढ़ की रोक धाम करते हैं परन्तु अचानक उनके बीच से टूट जाने पर भयानक बाढ़ें आ जाती हैं जिनमें अपार धन-जन की हानि होती है। तटबन्धों के कारण नदी सामान्य रूप से उनसे बीच से होकर ही प्रवाहित होती है, जिनमें उसका मलबा तली में जमाता जाता है। परिणामस्वरूप नदी की तली भर कर ऊपर उठती जाती है तथा सामान्य दशाओं में भी नदी अपने बाढ़ के मैदान के तल की अपेक्षा ऊँचे तल से होकर प्रवाहित होती है। ऐसी परिस्थिति में जब नदी विस्तृत बाढ़ के समय इन बन्धों के ऊपर से होकर बहने लगती है या अचानक बन्धों को तोड़ कर बहने लगती है तो अचानक भयानक बाढ़ आ जाती है क्योंकि नदी के जल का तल बाढ़ मैदान के तल से ऊँचा रहता है। चीन की ह्वांगहो नदी अपनी तली में सोयस की पीली मिट्टी का जमाव करके अपनी तली को अधिक ऊँचा करती रहती है तथा उसके तटबन्ध के टूट जाने से प्रायः भयानक बाढ़ आ जाती है। इसी कारण से ह्वांगहो को चीन का शोक (Sorrow of China) कहा जाता है। इसी कारण से 1852 तथा 1938 ई० में ह्वांगहो की बाढ़ अपार धन-जन की हानि कर चुकी है। बाढ़ के कारण तटबन्ध के बाह्य दान पर विकसित वस्तुएँ नष्ट हो जाती हैं। येनी का कार्य अव्यवस्थित हो जाता है तथा मानव को अपने जीवन में हाथ धोना पड़ता है। जिन नदियों द्वारा प्राकृतिक तटबन्धों की रचना नहीं हो पानी है वहाँ पर बाढ़ से बचाव के लिए मानव कृत्रिम बन्धों की रचना करता है। ये कृत्रिम बन्ध भी नदी को अपनी तली को ऊँचा करने के लिये बाध्य



चित्र 267—प्राकृतिक तटबन्ध (Natural Levees) ।

करते हैं, क्योंकि नदी को बाँध के अन्दर ही हाकर प्रवाहित होना पड़ता है। फलतः नदी को अपनी तली को छोड़कर अन्यत्र निलेप का स्थान नहीं मिल पाता है। इस कारण नदी की तली ऊँची हो जाती है। जब कृत्रिम बाँध टूट जाते हैं तो भयंकर बाढ़ का सामना करना पड़ता है। 1975 में बाँध के टूट जाने से पटना नगर अप्रत्याशित बाढ़ का शिकार हो गया।

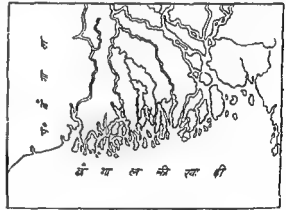
इलाहाबाद शहर की रक्षा के लिए भी गंगा नदी के दाये किनारे एवं यमुना नदी के बायें (left) किनारे पर कृत्रिम तटबन्ध बनाये गये हैं। इस कारण गंगा तथा यमुना नदियों में सिल्ट के जमाव के कारण उनकी तली ऊपर उठ रही है।

### नदी-डेल्टा (Delta)

**सामान्य परिचय**—नदी द्वारा निमित्त रचनात्मक स्थलरूपों में डेल्टा का सर्वाधिक महत्त्व है। प्रत्येक नदी जब सागर या झील में गिरती है तो उसके प्रवाह में अवरोध एवं वेग में निहायत कमी के कारण नदी के मलवा का निलेपण होने लगता है, जिससे एक विशेष प्रकार के स्थलरूप का निर्माण होता है। इस स्थलरूप को डेल्टा कहा जाता है। इसका डेल्टा नामकरण ग्रीक अक्षर  $\Delta$  (डेल्टा) के आधार पर किया गया है क्योंकि इस रचनात्मक स्थलरूप का आकार प्रायः  $\Delta$  अक्षर से मिलता है। सर्वप्रथम डेल्टा शब्द का प्रयोग नील नदी के मुहाने पर हुए निलेपात्मक स्थलरूप के लिए किया गया था। बाढ़ में सभी नदियों के मुहाने पर निलेप द्वारा निमित्त स्थलरूपों के लिये डेल्टा शब्द का प्रयोग किया गया। छोटे या बड़े आकार में प्रायः प्रत्येक नदी डेल्टा का निर्माण करती है। कभी-कभी डेल्टा का विस्तार बहुत

अधिक होता है तथा यह हजारों वर्ग किलोमीटर तक होता है। इसके विपरीत कुछ नदियों का डेल्टा निहायत छोटा होता है। डेल्टा का जमाव तथा छोटा-बड़ा होना कई बातों पर आधारित होता है। इसका आगे उल्लेख किया जायेगा। डेल्टा में तलछट की गहराई में भी पर्याप्त अन्तर होता है। अनेक डेल्टाओं में तलछट की गहराई हजारों मीटर तक होती है। उदाहरण के लिए मिसौसीपी के डेल्टा की औसत मोटाई 2000 फीट तक है। डेल्टा के आकार में भी अन्तर होता है। कुछ धनुषाकार या चापाकार होते हैं तो कुछ पश्चियों के पंजे में समान होते हैं। कुछ अधिक सम्बन्ध तथा सँकरे होते तो कुछ अधिक चौड़े होते हैं। डेल्टा नदी के अन्तिम भाग का वह समतल मैदान होता है, जिससे ढाल सागर की ओर होता है।

**डेल्टा के निर्माण की आवश्यक दशायें**—अधिकांश नदियाँ यद्यपि सागर में गिरती हैं, परन्तु प्रत्येक नदी



चित्र 268—गंगा का डेल्टा ।

डेल्टा का निर्माण नहीं करती है। इससे स्पष्ट हो जाता है कि डेल्टा-निर्माण के लिये कुछ विशेष आवश्यक दशायें होती हैं जिनके होने पर ही डेल्टा का निर्माण सम्भव हो सकता है। साधारण रूप में डेल्टा का निर्माण दो तथ्यों पर आधारित होता है। प्रथम नदी से सम्बन्धित तथ्य, जिसमें नदी के भार, उसका ढाल, गति आदि का महत्त्व होता है। द्वितीय उस भाग से सम्बन्धित तथ्य, जिसमें नदियाँ गिरती हैं। उदाहरण के लिये सागर या झीलें—इनमें सागर की सामान्य दशायें उसकी स्थिति, गहराई, सागरीय सहरो तथा ज्वार-भाटा आदि के स्वरूपों का ध्यान रखा जाता है। नदी के भार में न केवल उसकी

मात्रा वा ही महत्व होता है वरन् उसके पदार्थों के आकार आदि का भी महत्व होता है। उदाहरण के लिये महीन पदार्थों का परिवहन दूर तक आसानी से हो जाता है परन्तु बड़े कणों वाले पदार्थों का परिवहन नदी के वेग में कमी के कारण अधिक दूरी तक नहीं किया जा सकता है। मर्वप्रथम हम यह देखेंगे कि डेल्टा का निर्माण होता क्यों है? यह सर्वविदित तथ्य है कि नदियाँ अपने ऊपरी भाग में अत्यधिक अपरदन द्वारा अपने साथ अधिक मात्रा में भार ग्रहण कर लेती हैं तथा इनका अधिक दूरी तक परिवहन करती रहती हैं। जैसे ही नदियाँ झील या सागर में गिरती हैं, अपने साथ लाये हुए भलवा पदार्थों का निक्षेप प्रारम्भ कर देती हैं। नदी के मुहाने पर पदार्थों का डेल्टा के रूप में निक्षेपण कई कारणों से होता है, जिनमें प्रमुख अग्रलिखित हैं—1. अपने मार्ग में अपरदन द्वारा नदी इतना अधिक भार ग्रहण कर लेती है कि अन्ततः वह उनका परिवहन करने में समर्थ नहीं हो पाती है। इस तरह अतिभारित नदी (Overloaded river) पदार्थों का कुछ जमाव तो मुहाने के पास बिन्दुओं के सहारे करती है परन्तु अधिकांश पदार्थों का जमाव मुहाने के के पास सागर या झील में होता है (जहाँ भी वह गिरती हो)। 2. यदि नदियों का वेग ऊपरी घाटी के समान रहता तो नदी अधिक भार का भी परिवहन कर सकती थी परन्तु चूँकि ढाल में निरन्तर ह्रास के कारण नदी का वेग इतना कम हो जाता है कि नदी अपने भार को डोने में अपने को पूर्णतया असमर्थ पाती है, अन्ततः उसे अपने मुहाने के पास अपने लाये पदार्थों का निक्षेप करना ही पड़ता है। 3. नदी जब झील या सागर में प्रवेश करती है तो झील या सागर के जल के कारण रफ (Friction) द्वारा नदी के वेग में अवरोध होता है। इस कारण नदी का वेग कम हो जाता है अतः पदार्थों का निक्षेप नदी के मुहाने पर डेल्टा के रूप में हो जाता है। 4. सागरीय जल नमकीन (Saline) होता है। जब नदी द्वारा लाये गये महीन कणों का सम्पर्क इस सागरीय जल से होता है तो सागर का नमकीन जल, बारीक कणों को भारी बना देता है। इस कारण पदार्थ आसानी से नीचे बैठने लगते हैं। अगर यह मुद्द जल होता तो ऐसे महीन कण जल के ऊपर ही तैरते रहते। अब हम उन आवश्यक परिस्थितियों का उल्लेख करेंगे जिनके द्वारा डेल्टा का निक्षेप प्रभावित होता है—

1. डेल्टा के निर्माण के लिये उचित स्थान का होना आवश्यक है। क्योंकि नदी यदि झील या सागर में गिरती

हो तभी अन्य परिस्थितियों के वर्तमान रहने पर डेल्टा का निर्माण सम्भव हो पाता है। यही कारण है कि आन्तरिक देशों की नदियाँ जो कि स्थल में ही रह जाती हैं, झील या सागर का दर्शन नहीं कर पाती हैं, डेल्टा नहीं बनाती हैं। सागर की अपेक्षा, झीलें डेल्टा के लिये अधिक सुविधाजनक होती हैं, क्योंकि इनमें सागरीय लहरों आदि का भय नहीं रहता है। चूँकि विश्व की महानतम नदियाँ सागर में ही गिरती हैं, अतः विश्व के बड़े डेल्टा सागर में ही बनते हैं।

2. नदी का आकार तथा आयतन अधिक हो तथा उसका मार्ग भी लम्बा हो ताकि वह अपने साथ अधिक मात्रा में पदार्थों को परिवहन करके अपने साथ मुहाने तक ला सके। भार की मात्रा के साथ ही साथ उसके पदार्थों की बनावट तथा आकार भी महत्वपूर्ण होते हैं, क्योंकि यदि महीन एवं बारीक कणों की ही अधिकता होगी तो वे नदी के वेग के साथ दूर तक सागर में चले जायेंगे तथा सागरीय जल के साथ ऊपर ही तैरते रहेंगे। इसके विपरीत यदि पदार्थ बड़े कणों वाले होंगे तो नदी के सागर में प्रवेश करते ही नीचे बैठने लगते हैं तथा डेल्टा के निर्माण में अधिक सहायक होते हैं।

3. मुहाने के पास नदी का वेग अत्यन्त मन्द होना चाहिए ताकि समस्त पदार्थ मुहाने के पास ही जमा होकर सुविस्तृत डेल्टा का निर्माण कर सकें। यदि नदी का वेग अधिक होगा तो उसकी धारा के साथ अधिकांश पदार्थ सागर में बहुत दूर तक चले जायेंगे। वहाँ पर जल की गहराई इतनी अधिक होती है कि उनके नीचे बैठने पर भी डेल्टा के निर्माण में कोई सहायता नहीं मिल पाती है।

4. जिस सागर में नदी गिरती है, वहाँ पर सागरीय लहरों का वेग शान्त होना चाहिए। अन्यथा वेगवती लहरें निक्षेपित पदार्थों को बाट कर अपने साथ बहा ले जाती हैं तथा डेल्टा का निर्माण नहीं हो पाता है।

5. मुहाने के पास सागर की तरफें निर्बल होनी चाहिए, ताकि निक्षेपित पदार्थों को वे लोटते समय बहा-कर न ले जा सकें।

6. सागरीय तट या सागरीय पेटे को स्थायी होना चाहिए। यदि सागर की दशाएँ परिवर्तनशील होती हैं तो डेल्टा का निर्माण नहीं हो सकता है। यदि सागर का निमज्जन (Submergence) होता है तो निमज्जन के साथ ही निक्षेपित पदार्थ भी नीचे चले जायेंगे तथा डेल्टा नुप्त हो जायेगा। कुछ मित्राकर स्रोतों में यह कहा जा

सकता है कि सागरीय लहरों द्वारा तथा ज्वारीय तरंगों द्वारा पदार्थों को बहाकर ले जाने की अपेक्षा नदियों द्वारा पदार्थों के निक्षेप की दर अधिक होनी चाहिए। यदि इसके विपरीत दशा होगी तो डेल्टा का निर्माण नहीं हो सकेगा।

**डेल्टा का निर्माण (Formation of Delta)**—उपर्युक्त परिस्थितियों के सुलभ (अत्यधिक नदी-भार, मंद ढाल, मन्द नदी-वेग, सागर या झील का होना, सागरीय लहर तथा ज्वारीय लहरों का कम सक्रिय होना, सुस्त सागर तट आदि) होने पर सागर में नदी के मुहाने पर अत्यधिक पदार्थों का निक्षेप होने लगता है। यह निक्षेप नदी के मुहाने पर नदी के किनारे वाले भाग, नदी की तली तथा नदी के मुख के अप्रभाग में होता है। इस तरह एक विस्तृत पंख का निर्माण हो जाता है जो कि सागर की ओर ढालुवाँ होता है। नदी के मुहाने पर इस तरह के कई पंखों (Fans) का निर्माण होता है जो कि सागर की ओर बढ़ते जाते हैं। ये पंख विस्तृत होने पर मिल जाते हैं। इनसे होकर बहने वाली नदी के मार्ग में ढाल के कारण ज्वारीय उत्थन हो जाता है, जिस कारण नदी एक ही धारा के रूप में अपने समस्त जल को सागर तक नहीं ले जा पाती है। परिणामस्वरूप नदी कई शाखाओं में बंट जाती है। इस क्रिया को नदी का द्विशाखन (Bifurcation) कहते हैं। इस क्रिया की पुनरावृत्ति के कारण नदियाँ कई जलधाराओं से होकर डेल्टा की कई भागों में विभाजित करके सागर में मिलती हैं। नदी के द्विशाखन द्वारा उत्पन्न मुख्य धारा को कई उप-धाराओं को जलवितरिका (Distributaries) कहते हैं तथा इस तरह की जलवितरिकाओं वाली नदी को पुष्पित नदी (Braided stream) कहते हैं। इन जलवितरिकाओं द्वारा प्रमुख डेल्टा कई भागों में विभक्त हो जाता है। इस तरह डेल्टा की निम्न परिभाषा प्रस्तुत की जा सकती है—“नदी द्वारा सागर या झील में पदार्थों के निक्षेपण द्वारा उस स्थलरूप को डेल्टा कहा जाता है जो कि नदी की जलवितरिकाओं द्वारा कई त्रिकोनाकार भागों में विभक्त हो जाता है।” ऐसे ही आकार के लिये हेरोडोटस ने नील नदी के मुहाने के निक्षेपात्मक स्थलरूप का नामकरण ग्रीक अक्षर  $\Delta$  के आधार पर डेल्टा का प्रयोग किया था। ग्रीक अक्षर  $\Delta$  निश्चय ही त्रिकोनाकार होता है।

**डेल्टा की संरचना (Structure of Delta)**—डेल्टा ये पदार्थों का निक्षेपण एक निश्चित प्रक्रिया के अनुसार

होता है। बड़े कण स्थल के पास होते हैं तथा महीन कण सागर की ओर होते हैं। जैसे-जैसे सागर की ओर बढ़ते जाते हैं, बारीक कणों की अधिकता होती जाती है, यहाँ तक कि अधिक दूर जाने पर महीन कण जल पर ही तैरते रहते हैं। डेल्टा में मुख्य रूप से तीन स्तर पाये जाते हैं। डेल्टा के सबसे ऊपरी स्तर (Bed) को उच्चनिक्षेप या ऊपरी स्तर (Top set bed) कहते हैं। यह चौड़ा तथा मन्द ढाल वाला समतल मैदान होता है। यह सागर-तल से थोड़ा ही ऊँचा होता है। दूसरा स्तर अप्रस्तर (Fore set bed) कहा जाता है। यह डेल्टा का सागर की ओर निकला हुआ भाग होता है। यह भाग घड़े ढाल वाला होता है तथा सागर की ओर निकला रहता है। अन्तिम स्तर को निम्न स्तर (Bottom set bed) कहते हैं। यह डेल्टा का सबसे निचला भाग होता है जो कि सागर की तली पर बिछा होता है तथा दूर तक सागर में निकला रहता है। डेल्टा के इन तीनों स्तरों का भौती प्रकार विकास झील में निर्मित डेल्टा में ही हो पाता है। सागरीय भागों में सागरीय लहरों, धाराओं आदि के कारण उनमें अव्यवस्था आ जाती है। सागरीय भागों में अप्रस्तर तथा निम्नस्तर प्रायः एक दूसरे में मिल जाते हैं तथा इनको अलग करना कठिन होता है। बड़े कणों से निर्मित नवीन डेल्टा के अप्रभाग का ढाल औसतन  $30^\circ$  से  $35^\circ$  तक होता है परन्तु दीर्घ सागरीय डेल्टा के अप्रभाग का ढाल मन्द होता है। उदाहरण के लिये रोन नदी (Rhône River) के डेल्टा का ढाल केवल  $\frac{1}{2}^\circ$  का ही है।

डेल्टा के पदार्थों की गहराई में भी पर्याप्त अन्तर पाया जाता है। वास्तव में डेल्टा की मोटाई उस सागर या झील के जल की गहराई पर आधारित होती है जिसमें डेल्टा का निक्षेप होता है। डेल्टा की गहराई स्थल के पास कम होती है तथा सागर की ओर जाने पर बढ़ती जाती है। तलछटीय निक्षेप के साथ-साथ डेल्टा की गहराई बढ़ती जाती है, क्योंकि जमाव तथा घँसाव (Sedimentation and subsidence) साथ-साथ चलते हैं परन्तु यह क्रिया मन्द गति से अप्रसर होती है। मिसिसिपी नदी के डेल्टा में 2000 फीट तक बोरिंग की जा चुकी है परन्तु अब तक उसकी वास्तविक गहराई का पता नहीं लगाया जा सका है।

**डेल्टा का विस्तार (Growth of Delta)**—डेल्टा का विस्तार कई बातों पर आधारित होता है। यदि नदी



का वेग कम होता है तो अधिकांश मलवा नदी के मुहाने के पास ही बिछा दिया जाता है तथा डेल्टा की सागर की ओर बढ़ने की गति मन्द होती है। इसके विपरीत यदि नदी का वेग अधिक होता है तो डेल्टा वा आकार पतला किन्तु लम्बा होता है तथा बहुत दूर तक सागर में बढता जाता है। डेल्टा के विस्तार पर सागरीय लहरों का भी पर्याप्त प्रभाव होता है। जहाँ पर लहरें अधिक सक्रिय होती हैं वहाँ पर डेल्टा का अधिकांश मलवा लहरों द्वारा बहा लिया जाता है और डेल्टा का विस्तार मन्द गति से हो पाता है। ये लहरें डेल्टा के आकार को भी प्रभावित करती हैं। सागरीय धाराएँ, यदि नदी के मुहाने पर प्रवाहित होती हैं तो डेल्टा के निकले भागों को अपनी दिशा की ओर मोड़ देती हैं। डेल्टा का सागर की ओर फैलन द्वारा भी विस्तार होता है। यदि डेल्टा का ढाल अधिक हो जाता है तथा डेल्टा यदि अधिक ऊँचा हो जाता है तो सागर की ओर वाले भाग फिगन कर सागर की ओर बढ़ने हैं, जिससे डेल्टा का सागर की ओर विस्तार होता है। प्रायः प्रत्येक नदी के डेल्टा में विस्तार होता है, परन्तु प्रत्येक डेल्टा के बढ़ने की गति में पर्याप्त अन्तर होता है। यह अन्तर इतना अधिक होता है कि डेल्टा के बढ़ने के विषय में किसी सामान्य नियम का प्रतिपादन नहीं किया जा सकता है। चापाकार डेल्टा (Arcuate delta) का विस्तार उसके परिधि के सहारे सागर की ओर समान रूप में होता है, परन्तु उसका विस्तार इस रूप में होता है कि उसके चारों ओर आकार सुरक्षित रहता है। नील नदी का डेल्टा, जो कि चापाकार डेल्टा का ही उदाहरण है, औसत रूप में प्रतिवर्ष 12 फीट की दर से सागर की ओर बढ़ता है। यदि दो नदी के डेल्टा के पिछले 830 वर्षों के इतिहास का अवलोकन किया जाय तो यहाँ पर प्रतिवर्ष डेल्टा का विस्तार 80 से 200 फीट के बीच रहा है। कैस्पियन सागर में गिरने वाली टेरेक नदी (Terek River) प्रतिवर्ष अपने डेल्टा में 1000 फीट का विस्तार कर लेती है। गंगा के डेल्टा में भी पर्याप्त विस्तार हो चुका है। कमरूता का बन्दरगाह पहले सागर तट पर था परन्तु वर्तमान समय में यह कई किलोमीटर<sup>1</sup> दूर से दूर आंतरिक भाग में है। इस कारण बड़े-बड़े बमपान सागर तट पर ही रुक जाते हैं तथा पुनः सामान को छोटे-छोटे जम-

यानों में भरकर कमरूता तक पहुँचाया जाता है। सागरीय लहरें तथा धाराएँ डेल्टा की दिशा में परिवर्तन करके उनके निकले भागों को मोड़ती रहती हैं। इस कारण कभी-कभी तट तथा डेल्टा के बीच या मुख्य डेल्टा तथा उसके मुड़े हुए भाग के बीच सागर का जल बन्द हो जाता है, जिसमें झील या लैगून का निर्माण हो जाता है। इस प्रकार की झीलों को डेल्टा झील (Delta lake) कहा जाता है। ट्रिनिटी नदी (Trinity River) के मुहाने पर टर्टल बे (Turtle Bay) एक डेल्टा झील का ही उदाहरण है। इसी तरह मिसिसिपी राइन आदि नदियों के डेल्टाई भागों में कई झीलों का निर्माण हो गया है।

**डेल्टा का वर्गीकरण**—बान्तव में ड्रूपटन पर नदियों का प्रत्येक डेल्टा एक दूसरे में भिन्न होता है। उन डेल्टा को निम्न रूप में वर्गीकृत करना यदि असम्भव नहीं तो कठिन कार्य अवश्य है। यदि समस्त नदियों के डेल्टा का अध्ययन किया जाय तो उनमें आकार सम्बन्धी, विस्तार सम्बन्धी तथा संरचना सम्बन्धी कई ऐसी सामान्य विशेषताएँ होती हैं, जिनके आधार पर उनका कक्षाविभाजन किया जा सकता है। यहाँ पर हम विभाजन के दो आधारों का चयन करेंगे—

#### 1. आकृति के अनुसार डेल्टा का वर्गीकरण—

- 1 चापाकार डेल्टा (Arcuate Delta)
- 2 पंजाकार डेल्टा (Bird foot Delta)
- 3 ज्वारनद मुखी डेल्टा (Estuarine Delta)
- 4 कण्ठित डेल्टा (Truncated Delta)
- 5 पालिपुत्र डेल्टा (शीशाकार डेल्टा) (Lobate Delta)

#### 2. विस्तार के अनुसार डेल्टा का विभाजन—

- 1 प्रगतिशील डेल्टा (Growing Delta)
- 2 अवरुद्धित डेल्टा (Blocked Delta)

1 चापाकार डेल्टा (Arcuate Delta)—इस प्रकार के डेल्टा का आकार वृत्त के चारों ओर या धनुष के समान होता है। इसी में इसे घुम्बाकार डेल्टा भी कहा जाता है। इसका विस्तार बीच में सर्वाधिक होता है तथा दोनों किनारों की ओर यह कम होता जाता है।

1. एक समय ऐसा था जब कि कमरूता सागर तट पर स्थित था परन्तु इस समय तट में 15 से 20 मील दूर आन्तरिक भाग में स्थित है।

चापाकार डेल्टा का निर्माण उस समय होता है जबकि नदी की मुख्य धारा द्वारा पदार्थों का निक्षेप बीच में अधिक हो ताकि बीच का भाग निकला रहे एवं किनारे के भाग सँकरे रहे। इस तरह की आकृति निम्नचौड़ी एक धनुष के समान या पंखा के समान होती है, जिसका आकार अर्द्धवृत्ताकार होता है। चापाकार डेल्टा की लम्बाई बीच में सर्वाधिक होती है तथा किनारे की ओर कम होती जाती है, जैसा कि एक अर्द्धवृत्त का स्वभाव होता है। चापाकार डेल्टा को अर्द्धवृत्ताकार रूप मागरीय लहरों तथा धाराओं द्वारा भी प्राप्त होता है। चापाकार डेल्टा का सर्वोत्तम उदाहरण नील नदी का डेल्टा प्रस्तुत करता है, अतः इस प्रकार के डेल्टा को नील डेल्टा भी कहा जाता है। चापाकार डेल्टा का निर्माण बड़े कणों वाले पदार्थों से होता है, जिसमें बजरी, रेत तथा गिट्ट की अधिकता होती है। इस तरह के पदार्थ पारगम्य या सरल होते हैं। इस कारण नदी का जल इन पदार्थों में रिस कर नीचे चला जाता है तथा नदी कई शाखाओं में विभक्त होकर प्रवाहित होती है। इन शाखाओं को भू-वितरिका (Distributaries) कहते हैं। इनकी तली अव्यधिक उथली होती है, अतः बाढ़ के समय ये अपना मार्ग बदलती रहती हैं। चापाकार डेल्टा का निर्माण मुख्य रूप से अर्द्धयुक्त जलवायु वाले प्रदेशों में अधिक होता है। नील नदी का डेल्टा इस तथ्य को भली प्रकार प्रमाणित करता है। प्रमुख चापाकार डेल्टा के उदाहरण अप्रलिखित डेल्टा हैं—गंगा का डेल्टा, राइन डेल्टा, माइजर-डेल्टा, ह्वांगहो-डेल्टा, ईरावदी-डेल्टा, बोला-डेल्टा, सिन्ध डेल्टा, डेल्फ-डेल्टा, भोफांग-डेल्टा, पो-डेल्टा, रोम-डेल्टा, सीना डेल्टा, आदि। चापाकार डेल्टा की नदियाँ गुम्फित (Braided) होती हैं। चापाकार डेल्टा एक प्रगतिशील डेल्टा का उदाहरण होता है जो कि प्रतिवर्ष सागर की ओर बढ़ता जाता है। इसके बढ़ने की गति भिन्न-भिन्न डेल्टा में अलग-अलग होती है। नील नदी का डेल्टा, चापाकार डेल्टा का वास्तविक उदाहरण है जो कि ग्रीक अक्षर  $\Delta$  से मिलता है। नील नदी का डेल्टा तट से अपने शीर्ष तक 200 मील की लम्बाई में सागर में विस्तृत है। इसका सागर की ओर ढाल प्रति मील पर एक फुट है जो कि ह्वांगहो के डेल्टा के ढाल का आधा परन्तु मिसौसीपी डेल्टा का तीन गुना अधिक है। डेल्टा में नदी दो मुख्य शाखाओं में विभक्त है तथा ये शाखाएँ पुन कई जलवितरिकाओं (Distributaries) में विभक्त हो गई हैं।

2. पंजा डेल्टा (Bird-foot Delta)—पंजा डेल्टा का निर्माण उन बारीक कणों से होता है, जो कि जल के साथ घोल के रूप में मिले रहते हैं तथा जिनमें घुने की मात्रा अधिक होती है। इनके निर्माण के लिये नदी का वेग कुछ अधिक होना चाहिये। नदी अपने साथ बारीक



चित्र 269—राइन नदी का डेल्टा (चापाकार डेल्टा)।



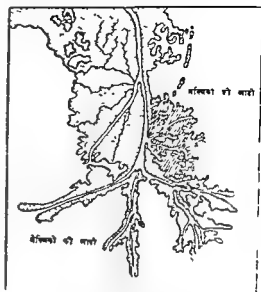
चित्र 270—नील नदी का डेल्टा (चापाकार डेल्टा)।

कणों वाले पदार्थों को लिये सागर में अधिक दूरी तक प्रवेश कर जाती है तथा सागरीय धारे जल के सम्पर्क में जाने के कारण नदी के साथ लाये गये घोल के रूप में बारीक कण भारी होकर नदी के दोनों किनारों पर बैठने लगते हैं तथा कुछ समय बाद एक लम्बे डेल्टा का निर्माण करते हैं। इस डेल्टा के पदार्थ बहुत ही बारीक कण और रंधहीन (Non-porous) होते हैं, अतः नदी का

जल रिस कर नीचे नहीं जा पाता है। परिणामस्वरूप नदी सागर में अधिक दूरी तक एक ही धारा के रूप में चलती है तथा अन्त में कुछ विभाज हो जाते हैं। परन्तु विचित्र तथ्य यह है कि प्रमुख धारा की शाखाएँ भी लम्बाई में ही अपने दोनों किनारों पर बारीक कणों वाले पदार्थों का निक्षेप करती हैं, जो कि मनुष्य के हाथ की अंगुलियों के समान निकले रहते हैं। इसी से हम प्रकार के डेल्टा को अंगुल्याकार डेल्टा भी कहा जाता है। पंजाकार डेल्टा (Bird foot delta) इसलिये भी कहते हैं कि इनका आकार पक्षियों के पैरों के पंखों से मिलता है। पंजाकार डेल्टा का सर्वोत्तम उदाहरण मिसौसिपो का डेल्टा है। मिसौसिपो नदी अत्यधिक विस्तृत जूने के परवर एवं बारीक कणों वाली परतदार चट्टानों वाले प्रदेश से होकर बहती है, अतः अपने साथ अधिक मात्रा में जूनेदार पदार्थों को बहाकर लाती है, जो कि निक्षेपित होकर पंजाकार डेल्टा के निर्माण में सहायता प्रदान करते हैं। मिसौसिपो डेल्टा में निक्षेपित पदार्थों के कण 1/10 मिलीमीटर के या उससे कम व्यास वाले होते हैं। मिसौसिपो नदी मेक्सिको की खाड़ी में कुछ दूरी तक एक ही धारा के रूप में चलने के बाद चार उपशाखाओं में विभक्त हो जाती है तथा इन चार शाखाओं के किनारों पर पदार्थों के अलग-अलग निक्षेपण, इस डेल्टा की पक्षी के पंजा का आकार प्रदान करते हैं। डेल्टा की इन निकली हुई अंगुलियों द्वारा कई खाड़ियाँ (Bays) का निर्माण हो गया है। मिसौसिपो नदी तथा इनकी निचली चार शाखाएँ अपने किनारों पर लम्बाई में जो जमाव करती हैं, वह तटबन्ध (Levees) के समान होता है। कभी-कभी मिसौसिपो या उसकी कोई शाखा (जलवितरिका) तटबन्ध को तोड़ कर खाड़ी में गये परन्तु छोटे डेल्टा का निर्माण करती है। मिसौसिपो-डेल्टा निरन्तर सागर की ओर बढ़ रहा है।

3 ज्वारनद मुँही, डेल्टा (Estuarine Delta)—नदियों की एस्चुअरी (Estuary ज्वारनद-मुँही) के भर जाने में निर्मित लम्बे तथा सूँठे डेल्टा को ज्वारनद मुँही डेल्टा कहा जाता है। नदी के उस मुहाने को एस्चुअरी कहा जाता है जो कि जलमग्न होता है तथा जहाँ पर सागरीय तथा ज्वारीय सहरें नदी द्वारा निर्मित पदार्थों को बहा ले जाती हैं। यह मुहाना प्रायः चौड़ा होता है। इस मुहाने में नदियाँ अपने मसवा का निक्षेपण करके उगे भरने का प्रयास करती हैं। पनस्वरूप एक लम्बे

किन्तु संकरे डेल्टा का निर्माण होता है। इस तरह एस्चुअरी के भरने से उत्पन्न डेल्टा को ज्वारनद मुँही डेल्टा कहा जा सकता है। भारत में मर्मदा तथा ताप्ती



चित्र 271—मिसौसिपो नदी का पंजा डेल्टा।

नदियाँ इस तरह का डेल्टा बनाती हैं। ज्वारनद मुँही डेल्टा व अन्य उदाहरण मैकेजी ओडर, निरबुला एरब, सेन, ओब हब्सन आदि नदियों के डेल्टा हैं। इस तरह के डेल्टा में निमज्जित मिट्टी की शलाकाएँ (Submerged Bars) बाढ़ के मैदान या वनदनी प्रायः मिलते हैं।

4 इण्डित डेल्टा (Truncated Delta)—नदी द्वारा निर्मित डेल्टा के आकार आदि में सागरीय सहरें परिवर्तन करती रहती हैं। कभी-कभी सहरें डेल्टा को काट-छाँट कर उस बहा में जाती हैं। इस कारण डेल्टा कटे-फटे रूप में ही रह जाता है। इसे तरह के डेल्टा को शलाकाकार या इण्डित डेल्टा कहते हैं।

5 पालियुक्त डेल्टा (Lobate Delta)—जब एक नदी की कई शाखाएँ अलग-अलग डेल्टा का निर्माण करती हैं तो मुख्य नदी द्वारा निर्मित डेल्टा का विस्तार रह जाता है। इसके विपरीत शाखाएँ ओब (पात्र) के आकार में डेल्टा का निर्माण करती हैं। इन्हे पालियुक्त डेल्टा कहते हैं। मुख्य नदी के अवसृष्टिगत बाने डेल्टा को शोशाकार कहा जाता है।

6 प्रगतिशील डेल्टा (Growing Delta) यह डेल्टा का सागर की ओर निरन्तर विस्तार होता है तो

उसे प्रगतिशील डेल्टा कहते हैं। वर्तमान समय की अधिकांश नदियों के डेल्टा प्रगतिशील ही हैं—जैसे गंगा का डेल्टा, मिसिसिपी का डेल्टा आदि।

7. अवरोधित डेल्टा (Blocked Delta)—जब डेल्टा का विस्तार रुक जाता है तो उसे अवरोधित डेल्टा कहते हैं। यह अवरोध सागरीय लहरों या धाराओं द्वारा उपस्थित हो सकता है।

8. परित्यक्त डेल्टा (Abandoned Delta)—जब नदी अपने पहले डेल्टा को छोड़कर अन्यत्र डेल्टा का निर्माण करती है तो पहले वाले डेल्टा को परित्यक्त डेल्टा कहते हैं। ह्वांगहो नदी इस तरह के कई डेल्टा का निर्माण कर चुकी है। ह्वांगहो ने अपने प्रारम्भिक डेल्टा का निर्माण शान्दुन्ग प्रायद्वीप के दक्षिण में किया था। परन्तु इसका वर्तमान डेल्टा शान्दुन्ग के उत्तर में है।



# जलीय अपरदन-चक्र

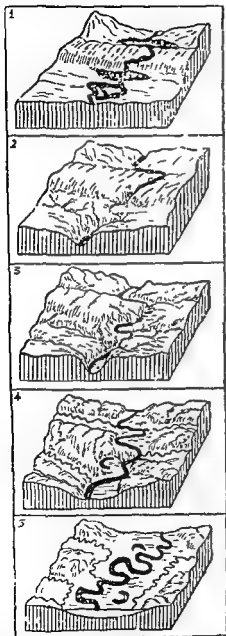
(Fluvial Cycle of Erosion)

सपरदन का सामान्य चक्र (Normal Cycle of Erosion)

**सामान्य परिचय**—अपरदन तथा अपरदन-चक्र के विषय में पिछले अध्यायों में बहुत कुछ लिखा जा चुका है। यहाँ पर उसका पुन वर्णन करता मात्र पुनरावृत्ति होगी। नदी द्वारा उत्पन्न होने वाले स्थलरूपों की विविध व्याख्या पिछले पृष्ठों में की जा चुकी है परन्तु इन स्थलरूपों का विवरण अपरदन तथा निक्षेपात्मक कार्यों के साथ दिया गया है, अपरदन की अवस्थाओं के साथ नहीं। अतः नदी के अपरदन-चक्र की विभिन्न अवस्थाओं की विशेषताओं का उल्लेख एक अलग एवं स्वतन्त्र शीर्षक के अन्तर्गत आवश्यक है। पुनरावृत्ति से बचने के लिए नदी की विभिन्न अवस्थाओं की विशेषताओं का गणितात उल्लेख मात्र ही किया जायेगा, क्योंकि विभिन्न स्थलरूपों का विविध वर्णन पीछे प्रस्तुत किया जा चुका है। नदी द्वारा अपरदन-चक्र को अपरदन का सामान्य चक्र” कहा जाता है। इसे सामान्य चक्र इसलिए कहा जाता है कि बहते हुए जल का कार्य अन्य अपरदन के साधनों से अधिक व्यापक तथा महत्वपूर्ण होता है। इसकी व्यापकता का पता इसी बात से चल जाता है कि पवन तथा हिमानी के कार्यों में भी जल का आगिक हाथ रहता है। अपरदन के सामान्य चक्र का प्रारम्भ मागगतल से किसी भी स्थलखण्ड के उत्थान के साथ हो जाता है। जैसे ही स्थलखण्ड घातल के ऊपर उठता है, उस पर नदी द्वारा अपरदन का कार्य प्रारम्भ हो जाता है। परन्तु प्रारम्भ में उत्थान की दर अपरदन की दर से अधिक होती है, फलतः स्थलखण्ड की ऊँचाई तथा उच्चावच बढ़ते हैं। कुछ समय बाद स्थल का उत्थान रूँ जाता है तथा अपरदन अधिक मजबूत हो जाता है। यहाँ पर यह अनुमान करना होगा कि स्थलखण्ड एक सम्ये समय तक स्थिर (Stand still) है। एक निश्चित अवधि के बाद अपरदन द्वारा उत्थित भाग कट कर अपने आधार-तल को प्राप्त हो जाता है तथा अपरदन का एक सामान्य चक्र पूर्ण हो जाता है। इस तरह प्रारम्भ में तेज स्थल-खण्ड के आधार-तल तक पहुँचने पर स्थल-खण्ड को कई अवस्थाओं में होकर गुजरना पड़ता है तथा इन अवस्थाओं के अन्तर्गत विभिन्न स्थलरूपों का निर्माण

होता है। टेबिस सहोदय ने सामान्य अपरदन-चक्र में तीन अवस्थाओं—तटण, प्रौढ़ तथा क्षीर्ण को बताया है। इस तरह सामान्य अपरदन-चक्र के दौरान प्रारम्भ में स्थलावृत्तियाँ तटण होती हैं, समय के साथ प्रौढ़ हो जाती हैं और अन्त में आधार-तल की प्राप्ति के साथ ही क्षीर्ण हो जाती हैं। जिस तरह स्थलरूप का विकास तीन अवस्थाओं में होता है उसी तरह नदियों की भी तीन अवस्थाएँ होती हैं, अर्थात् तटण नदी, प्रौढ़ नदी तथा क्षीर्ण नदी। नदियों का प्रधान कार्य मतल के ऊपर विपमताओं को दूर करके समतल स्थापना करना है। इन कार्य की पूर्ति के लिए वह उत्थित स्थल-खण्ड को काट करके उसे नीचा करके आधार-तल तक लाने का प्रयास करती है। अन्ततः वह अपने कार्य में सफल हो जाती है या नहीं यह विवाद का विषय है। इसके विषय में पिछले अध्याय में बहुत कुछ लिखा जा चुका है। यहाँ पर यही मान लिया जायेगा कि नदी अन्ततः स्थल-खण्ड को अपरदन द्वारा आधार-तल तक ला देती है। अपने इन कार्य की पूर्ति के लिए नदी जब अपना अपरदन प्रारम्भ करती है तथा जब केवल थोड़ा ही कार्य सम्पन्न हुआ रहता है तो नदी तथा महायक नदियाँ तटणावस्था में होती हैं। जब अपने कार्य का आधा भाग पूर्ण कर लेती हैं तो प्रौढ़ावस्था में होती हैं तथा जब समस्त कार्य पूर्ण हो जाता है अर्थात् स्थल-खण्ड अपरदिन होकर आधार-तल को प्राप्त हो जाता है तो नदियाँ अपनी क्षीर्णावस्था में होती हैं। अन्तर्गत यह दो विभिन्न अवस्थाएँ—तटणावस्था, प्रौढ़ावस्था तथा क्षीर्णावस्था—प्रारम्भ एवं मध्य में सम्बन्धित होती हैं तथा इनके बीचों में अन्तर नहीं किया जा सकता है। यह कोई जायग्यक नहीं है कि यदि दो स्थानों पर अपरदन-चक्र एक साथ प्रारम्भ होने हैं तो दोनों एक साथ समाप्त भी होंगे। एक चक्र अपनी उत्थानावस्था में ही हो सकता है जब कि दूसरा चक्र प्रौढ़ावस्था में हो सकता है। वास्तव में अपरदन-चक्र की प्रगति का प्रभावित करने वाले उपादानों में स्थल-खण्ड की उँचाई तथा विस्तार माप में दूसरी वस्तु की मात्रा नदियों का स्थल-खण्ड की मरचना आदि मरचनपूर्ण है जो कि

किसी चक्र विशेष की अवधि को कम या अधिक कर सकते हैं। अब हम अपरदन के सामान्य चक्र की विभिन्न अवस्थाओं की विशेषताओं का उल्लेख एक आदर्श चक्र का उदाहरण लेकर करेंगे।



चित्र 272—नदी के जीवन-चक्र की अवस्थाएँ।

1. प्रारम्भिक तरुणावस्था (स्रोत, प्रपात),
2. तरुणावस्था, 3. प्रारम्भिक प्रौढ़ावस्था,
4. प्रौढ़ावस्था तथा 5. जीर्णवस्था।

चक्र का प्रारम्भिक रूप—अपरदन का सामान्य चक्र किसी भी उत्थित स्थलखण्ड पर प्रारम्भ हो सकता है, परन्तु यहाँ पर सरलीकरण के लिए हम मान लेते हैं कि स्थल-खण्ड का सागर से उत्थान होता है। स्थलखण्ड का उत्थान अपरदन के साथ-साथ कुछ समय तक चलता है परन्तु एक निश्चित अवधि के बाद उत्थान समाप्त हो जाता है। स्थल-खण्ड की भूगर्भिक संरचना सामान्य तथा सरल है। इसका निर्माण विभिन्न कठोरता वाली परतदार चट्टान से हुआ है। उत्थित स्थलखण्ड आर्द्र प्रदेश में है, जहाँ पर पर्याप्त वर्षा के कारण बाह्य जन (Run off) नदियों को साल भर मितनः रूढ़ता है। स्थलखण्ड सागर-तल के सम्बन्ध में दीर्घ काल तक स्थिर (Stand still) रहता है ताकि अपरदन का चक्र अबाध गति से पूर्ण हो सके। उपर्युक्त परिस्थिति में उत्थित स्थलखण्ड पर नदी द्वारा अपरदन प्रारम्भ हो जाता है तथा स्थलखण्ड तीन अवस्थाओं से होकर गुजरता है। नीचे तीनों अवस्थाओं की विशेषताओं का उल्लेख किया जा रहा है।

1. तरुणावस्था (Youthful Stage)—सर्वप्रथम ढाल के अनुसार अनुवर्ती नदियों का आविर्भाव होता है। प्रारम्भ में ये नदियाँ सद्यः में निहायत कम तथा लम्बाई में छोटी होती हैं। इनकी सहायक नदियाँ सद्यः में कम होती हैं। नदियों की अपेक्षा ढालों पर असंख्य अवलम्बिकाएँ (Gullies) तथा छोटी-छोटी सरिताएँ होती हैं। ये जल-धाराएँ शीर्ष अपरदन द्वारा (By Headward Erosion) अपना विस्तार करती हैं। धीरे-धीरे मुख्य नदियाँ अपनी घाटी को गहरा करना प्रारम्भ कर देती हैं तथा उनकी सहायक नदियों का भी विकास हो जाने पर वाक्पाकार प्रवाह-प्रणाली (Dendritic drainage pattern) का विकास होता है। इस अवस्था में निम्न कटाव द्वारा (By downward cutting) नदियों की घाटी अत्यन्त गहरी होती जाती है जिससे नदियाँ संकरी तथा गहरी कन्दराओं से होकर बहती हैं। इन कन्दराओं को गार्ज (Gorge) तथा कैनियन (Canyon) कहते हैं। इनकी गहराई, चौड़ाई की अपेक्षा बहुत अधिक होती है। किनारे की दीवारें खड़ी होती हैं। इन घाटियों का आकार अंग्रेजी के V अक्षर के समान होता है। घाटियों की गहराई स्थल-खण्ड के सागर-तल से ऊँचाई पर आधारित होती है।

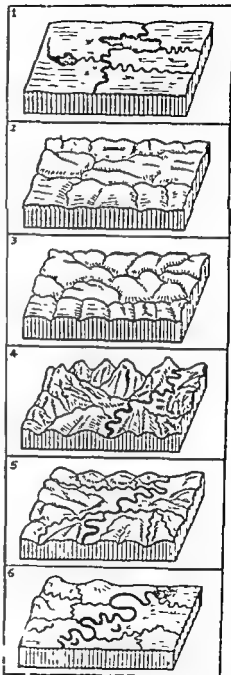
नदियों के बीच के खोखाब (Interstream Areas-अन्तरसरिता क्षेत्र) तथा जलविभाजक अत्यधिक विस्तृत तथा चौड़े होते हैं, क्योंकि इस अवस्था में केवल निम्न कटाव ही अधिक होता है, क्षैतिज अपरदन (Lateral

erosion) नगण्य होता है। जहाँ पर नदियों प्रतिरोधी एवं मूल में होकर कमजोर चट्टान वाले भाग में गिरती हैं, वहाँ पर प्रपात तथा शिपिकाएँ (Falls and rapids) का निर्माण हो जाता है। प्रपात तथा शिपिकाएँ तरणावस्था के सर्वाधिक महत्वपूर्ण स्वरूप होती हैं। जैसे-जैसे अपरदन अधिक होता जाता है तथा चक्र आगे की ओर बढ़ता है, प्रपात तथा शिपिकाएँ पीछे की ओर (Upstream) हटती जाती हैं तथा तरणावस्था के अन्त तक इनका अधिकांश रूप में लोप हो जाता। नदी में उसकी परिवहन सामर्थ्य के अनुसार बोझ या भार नहीं होता है। अतः 'ढाल' की तीव्रता तथा कम भार के कारण नदी प्रखर वेग से प्रवाहित होती है। नदी की तली में छेदक यन्त्रों (Grinding tools—बड़े-बड़े पत्थर के टुकड़े) द्वारा अल गतिकाओं (Pot holes) का निर्माण होता है।

सरिता-अपहरण अपरदन-चक्र की तरणावस्था की प्रमुख घटना है। नदियाँ अपने शीर्ष अपरदन द्वारा दूसरी सरिताओं एवं उनकी सहायक नदियों के जन का अपहरण करके उन्हें अपने में आत्मसात कर लेती हैं। जलविभाजक इतने चौड़े तथा विस्तृत होते हैं कि नदियाँ निगाह से देखने पर उनका निर्धारण नहीं किया जा सकता है। इस तरह अपरदन-चक्र की तरणावस्था में अपरदन सर्वाधिक होता है परन्तु इस अवस्था में सम्पन्न हुए समस्त अपरदन कार्य की मात्रा अधिक नहीं हो पाती है, क्योंकि अब भी स्थलछंद अपने आधारभूत से अधिक ऊँचा रहता है। घाटी का पार्वंढाल उत्तल होता है जिससे होकर बलवा नीचे आसानी से सरक जाता है जिन नदी शीघ्र बहा ले जाती है। नदी की जलधारा (Channel) घाटी को स्पष्ट करती हुई प्रवाहित होती है।

2 शीघ्रावस्था (Mature stage)—जैसे ही नदी अपनी तरणावस्था को समाप्त करने शीघ्रावस्था में प्रवेश करती है, स्थलरूपों में पर्याप्त अन्तर होने लगता है। नदी के ढाल में कमी के कारण नदी का वेग बहुत कम हो जाता है, अपरदन की अपेक्षा निक्षेप का कार्य अधिक सक्रिय होता है। घाटी का गहरा होना नगण्य हो जाता है तथा घाटी का चौड़ा होना अधिक सक्रिय होता है। अर्थात् निम्न बटाव कम हो जाता है तथा धार्मिक अपरदन प्रारम्भ हो जाता है। जैसे ही नदी उगरी ढाल से मैदान में बहने लगती है, वैसे ही ढाल के निचले भाग में अल्लुविय संघ (Alluvial fans) तथा अल्लुविय ढाँचों (Alluvial cones) का निर्माण होने लगता है। धीरे-धीरे कई जलोढ़ पथ विस्तृत होकर एक दूसरे से मिल जाते हैं तथा एक

विस्तृत गिरिपदीय जलोढ़ मैदान (Piedmont Alluvial Plain) की रचना होती है। प्रमुख नदी तथा उसकी सहायक नदियों का इतना अधिक विनाश हो जाता है कि



चित्र 273—मायाव्य अपरदन-चक्र (Normal Cycle of Erosion) की अवस्थाएँ, 1 प्रारम्भिक अवस्था 2 प्रारम्भिक तरणावस्था, 3 अन्तिम तरणावस्था, 4 शीघ्रावस्था, 5 अन्तिम शीघ्रावस्था तथा 6 जीर्णवस्था।

प्रवाह-प्रणाली का भली प्रकार विकास हो जाता है। नदियों द्वारा क्षैतिज अपरदन तथा घाटी की चौड़ाई के विस्तार के कारण अन्तर सरिता क्षेत्र (Inter-stream areas) कटकर सँकरे हो जाते हैं और कटक का रूप धारण कर लेते हैं। जलविभाजक नुकीले होते हैं। प्रमुख नदी अपरदन द्वारा अपने आधार-तल को प्राप्त करके क्रमबद्ध हो जाती है। इस तरह मुख्य नदी की अनुदैर्घ्य परिच्छेदिका भी क्रमबद्ध हो जाती है जिसे साम्यावस्था की परिच्छेदिका (Profile of equilibrium) कहते हैं। अपात् दोनों के अपरदन तथा निक्षेप सम्बन्धी कार्यों में सन्तुलन हो जाता है। यदि तटणावस्था के कुछ प्रपात या झीलें नदी के मार्ग में रह गई थीं तो वे प्रोडावस्था के समय नदी के क्रमबद्ध वक्र (Graded curve) की प्राप्ति के साथ ही लुप्त हो जाती हैं। नदियाँ समतल भाग में प्रवाहित होने के कारण बल छाती हुई चड़े-चड़े विसर्पों (Meanders) से होकर बहती हैं। निक्षेप द्वारा बाढ़ के मैदानों का मृजन होता है, विसर्पों की स्थिति बदलती रहती है। मोड़ों के अधिक घुमावदार हो जाने के कारण नदी अपने घुमाव को छोड़कर सीधे रूप में प्रवाहित होने लगती है। इस तरह परित्यक्त घुमाव में जल एकत्रित हो जाता है तथा बाय सील या गौखर सील (Oxbow lake) का निर्माण होता है। नदियों के किनारों पर ललछड़ीय जमाव के कारण कहीं-कहीं पर तटबन्धों (Levees) का निर्माण हो जाता है। धूँक ये प्राकृतिक रूप में बाढ़ों से रक्षा करते हैं, अतः इन्हें प्राकृतिक तटबन्ध कहा जाता है। घाटी-पार्श्व ढाल (Valley side slopes) सरलरेखी (Rectilinear) होता है। घाटी अत्यन्त चौड़ी होती है। केवल वर्षों के दिनों में ही जलधारा घाटी के किनारों का स्पर्श करती है। वर्ष के अधिकांश समय में नदी का जल सँकरे जलधारा में बदल जाता है जो विस्तृत शुष्क घाटी में धूमती हुई बहती है। जलमार्ग ढाल (Channel gradient) भी कम हो जाता है।

3 जीर्णवस्था (Old Stage)—प्रोडावस्था से जीर्णवस्था में प्रवेश करते ही नदी की सामान्य स्थिति में पर्याप्त अन्तर आ जाता है। प्रोडावस्था की सहायक नदियों की संख्या इस अवस्था में कम हो जाती है परन्तु तटणावस्था की अपेक्षा अधिक रहती है। मुख्य नदी की महायक नदियाँ भी आधार-तल को प्राप्त हो जाती हैं तथा साम्यावस्था की परिच्छेदिका का निर्माण

करती हैं। क्षैतिज अपरदन सर्वाधिक होता है, जिससे घाटी अत्यन्त चौड़ी हो जाती है। इस अवस्था में घाटी की चौड़ाई विमर्ष की चौड़ाई से अधिक हो जाती है। निम्न कटाव पूर्णतया समाप्त हो जाता है। अपक्षय का कार्य अधिक सक्रिय रहता है। क्षैतिज अपरदन तथा अपक्षय (Lateral erosion and weathering) मिलकर स्थलखण्ड को नीचा करने में सतत सक्रिय रहते हैं। नदी बाढ़ का मैदान अत्यधिक विस्तृत हो जाता है, जिसमें नदियाँ बल छाती हुई स्वतन्त्रता-पूर्वक प्रवाहित होती हैं। “अन्तर सरिता क्षेत्र” की ऊँचाई कम हो जाती है। ये निम्न भाग (Low regions) हो जाते हैं परन्तु समीप सतह से कुछ ऊँचे ही रहते हैं। बाढ़ के मैदानों में झीलों तथा दलदलों का आविर्भाव हो जाता है परन्तु “अन्तर सरिता क्षेत्र” में इनका विकास नहीं हो पाता है। नदी के वेग में निहायत कमी हो जाने के कारण उनकी परिवहन शक्ति कम हो जाती है। इसके विपरीत इस अवस्था में नदी-बोझ (Load) की अधिकता होती है। परिणामस्वरूप नदी समस्त भार का परिवहन नहीं कर पाती है, इस कारण निक्षेप अधिक होता है। इस तरह समस्त क्षेत्र अपने आधार-तल को प्राप्त हो जाता है, परन्तु कठोर तथा प्रतिरोधी मैलों के कुछ भाग “विशेषक अपरदन” (Differential erosion) के कारण सामान्य सतह से ऊँचे उठे रहते हैं। ये समूह में न होकर छिट-पुट रूप में होते हैं। इन्हे समुन्नत राज्य अमेरिका (अप्ले-शियन क्षेत्र में) के मोनाडनाक<sup>2</sup> पर्वत के आधार पर मोनाडनाक (Monadnock) कहते हैं। उपर्युक्त सभी स्थितियाँ समप्राय मैदान (Peneplain) के विकास में सहायक होती हैं। इस स्थिति के प्राप्त हो जाने पर अपरदन-चक्र समाप्त हो जाता है, क्योंकि जहाँ से स्थल-खण्ड ऊपर उठा था, अपरदन द्वारा पुनः वही पर आ गया है।

ऊपर वर्णित स्थिति एक आदर्श चक्र की स्थिति है, जिसमें वास्तविकता कम होती है, कल्पना अधिक। ऊपर यह मान लिया गया है कि स्थलखण्ड एक लम्बी अवधि तक स्थिर (Standstill) रहता है परन्तु यह दशा केवल कल्पन मात्र ही है, क्योंकि पृथ्वी इतनी अस्थिर है कि एक चक्र की पूर्ति के लिये आवश्यक समय मिलना असम्भव है। पृथ्वी में अनेक कारणों से अव्यवस्था होती रहती है। जिससे चक्र में अव्यवस्था आ जाती है तथा

1. मोनाडनाक पर्वत की पेनीप्लेन सतह पर कुछ पहाड़ियाँ जो कि ऊँचाई में कम हैं, सामान्य सतह से ऊपर उठी हैं।

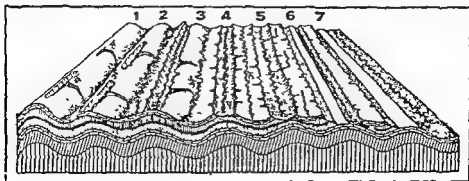


मे अपरदन के कारण अपनति के स्थान पर अभिनति तथा अभिनति के स्थान पर अपनति के निर्माण की प्रक्रिया को ही उच्चावच-प्रतिलोमन या व्यक्तिक्रम (Inversion of relief) कहा जाता है। अल्पेशियन पर्वत के दक्षिणी-पश्चिमी भाग में इस तरह के अनेक प्रतिलोमन के उदाहरण मिलते हैं। वलित पर्वतीय भाग में नदी द्वारा अपरदन-चक्र की प्रमुख विशेषता उच्चावच-प्रतिलोमन है। इनका विशद विवरण अगली पक्तियों में दिया जा रहा है। रेखा-चित्र 274 में उच्चावच-प्रतिलोमन की स्थिति को विभिन्न अवस्थाओं में दिखाया गया है।

चक्र का प्रारम्भिक रूप—यहाँ पर वलित पर्वत का अर्थ उन साधारण तथा सामान्य वलित पर्वतों से लिया जायेगा जिनमें परतदार चट्टानें सम्पीडन के कारण सामान्य तथा खुले हुए साधारण बलन (मोड़) में परिवर्तित हो जाती हैं। इनमें प्रतिबलन (Recumbent folding), अधिक्षिप्त बलन (Overthrust folds), ढोवाखण्ड (Nappes) तथा उत्क्रम (Thrust) का सर्वथा अभाव होता है। अपनतियाँ तथा अभिनतियाँ क्रम से मिलती हैं, जिनमें सामान्य ढेगीकरण (Gradation) होता है। ये अपनतियाँ तथा अभिनतियाँ क्षैतिज अवस्था में होती हैं तथा उनमें झुकाव या जटिलताएँ नहीं होती हैं। विभिन्न कठोरता वाली परतदार चट्टानों की परतें बलन के कारण अपनति तथा अभिनति के रूप में हो जाती हैं। इस सामान्य स्थिति के माप (यहाँ स्मरण रखना होगा कि जैसे ही साधारण वलित पर्वत का निर्माण होता है, उस पर नदी द्वारा अपरदन-चक्र प्रारम्भ हो जाता है) नदियों का विकास तथा उनके द्वारा अपरदन प्रारम्भ हो जाता है। यह वलित पर्वत अपरदन चक्र की विभिन्न अवस्थाओं से होकर गुजरता है तथा विभिन्न अवस्थाओं में उसके स्वरूपों में पर्याप्त अन्तर होता है। यहाँ पर पुनः कल्पना

करनी होगी कि वलित पर्वत वाला स्थलखण्ड सन्धे सन्धे तक स्थिर रहता है ताकि अपरदन-चक्र भली प्रकार सम्पादित हो सके।

1 तरुणावस्था (Youthful Stage)—वलित पर्वत के बलन (Folds) पर सर्वप्रथम अनुवर्ती नदियों (Consequent streams) का विकास होता है। मुख्य अनुवर्ती (Main consequent) अभिनति वाले भाग में विकसित होती है जिसे अनुवर्धय अनुवर्ती को संज्ञा प्रदान की जाती है। इसके प्रवाह की दिशा अभिनति के ढाल द्वारा निर्धारित होती है। अपनति के ढाल पर भी अनुवर्ती नदियों का आविर्भाव होता है जो कि महाराब (Arch) के नति (Dip) के सहारे बहकर मुख्य अनुवर्ती में उसकी सहायक के रूप में मिल जाती है। अनुवर्ती की इन सहायक नदियों को जो कि अनुवर्ती ही होती हैं, अनुप्रस्थ या पारवर्ती अनुवर्ती (Transverse or lateral consequent) कहते हैं। ये सभी नदियाँ वास्तविक ढाल के अनुसार प्रवाहित होती हैं। इसी से इन्हें स्वभावोद्भूत नदियाँ भी कहा जा सकता है। चित्र 276 में "अ" प्रमुख अनुवर्ती नदी को प्रदर्शित करता है तथा ब, स अनुप्रस्थ अनुवर्ती नदियाँ हैं। अपरदन-चक्र के प्रारम्भ होते ही नदियाँ अपना कार्य प्रारम्भ कर देती हैं। सामान्य नियम के अनुसार प्रमुख अनुवर्ती की अपेक्षा उसकी सहायक अनुवर्ती ब तथा स अधिक अपरदन करती हैं, क्योंकि वे ऊँचे ढाल से प्रवाहित होती हैं। ब तथा स नदियाँ अपने शीर्ष-अपरदन (Headward erosion) द्वारा अपनति के ऊपरी भाग में अपनी घाटों का विस्तार करती हैं तथा गार्ज का निर्माण करती हैं। स की अपेक्षा ब नदी अधिक अपरदन करती है। अन्ततः सहायक अनुवर्ती नदियाँ शीर्ष अपरदन द्वारा अपनति के शीर्ष पर पहुँच जाती हैं तथा वहाँ पर अपनति के अक्ष (Axis) अर्थात् अपनति के ऊपरी भाग पर नतितम्ब



चित्र 276—वलित पर्वत पर अपरदन-चक्र का विकास।

मुलायम चट्टान के स्तर को काट करके उसे नीचा करती है। घुंकि परवर्ती की घाटी का विकास कोमल चट्टान पर हो चुका है, अतः वह निचले स्तर वाले भाग में भी अपरदन करना प्रारम्भ कर देती है। इस तरह उच्चावच-प्रतिलोमन परवर्ती नदी की घाटी के अध्यारोपण या पूर्वारोपण (Superimposition) में सहायक होता है, अर्थात् परवर्ती नदी (१) की घाटी का अपनति-घाटी के ऊपर अध्यारोपण या पूर्वारोपण हो जाता है। इस तरह के उच्चावच-प्रतिलोमन के अनेक उदाहरण अफेसियन पर्वत और जूरा पर्वत में मिलते हैं।—

परवर्ती नदी (१) की सहायक नदियों का भी विकास होता है और ये सहायक नदियाँ परवर्ती से समकोण पर मिलती हैं। इन्हें प्रत्यनुवर्ती (Obsequent) नदी कहते हैं। जब परवर्ती नदी अपरदन द्वारा अपनति-घाटी में घुँघरी चट्टान वाली स्तर पर पहुँचती है (चलन 5) तो उसका निम्न कटाव स्थिति हो जाता है। इस अवस्था में वह अपनति घाटी की सभी कोमल चट्टानों का अपरदन करके अपने मार्ग से हटा देती है। अब परवर्ती एक प्रतिरोधी चट्टान वाले कटक पर पहुँचती है। इस अवस्था में नदी प्रतिरोधी कटक पर अपरदन न करके एकदिशतः स्थानान्तरण (Uniclinal shifting) द्वारा प्रतिरोधी कटक के नति के सहारे नीचे की ओर बिसरकती जाती है। घुंकि अभिनति षटक (Synclinal ridge) की संरचना कोमल चट्टान वाली स्तर की है, अतः परवर्ती नदी इसे आसानी से काट करके अपना मार्ग बनाती जाती है। धीरे धीरे “एकदिशतः स्थानान्तरण” द्वारा परवर्ती नदी (१) चक्र कर अभिनति कटक वाले भाग में आकर उसे काट करके अपनी घाटी का निर्माण कर लेती है। यह नदी प्रारम्भिक मौलिक अनुदैर्घ्य अनुवर्ती नदी (Original longitudinal r.-n.) के समान होती है तथा अब यह प्रारम्भिक अभिनति (जो कि हाल में ही अपनति बन वा गई थी) में प्रवाहित होती है। इस नवीन नदी को नवानुवर्ती (Resequent) कहते हैं क्योंकि इसका निर्माण मुख्य अनुवर्ती के विकास के एक लम्बे समय के बाद हुआ है। दम्प्य मागारण अर्ध नवीन (Recent) अनुवर्ती (Consequent) होता है। यहाँ स्मरण रखना होगा कि नवानुवर्ती पहले वाली अनुवर्ती से बड़ी सौ मीटर नीचे वाले स्तर में प्रवाहित होती है, क्योंकि अपरदन द्वारा ऊपरी स्तर काट चुके हैं। इस स्थिति के आ जाने पर नदियाँ अपनी प्रौढावस्था को समाप्त कर लेती हैं।

3 जीर्णवस्था (Old Stage)—जीर्णवस्था के आते ही नदियों का अपरदन-कार्य समाप्त हो जाता है और

उच्चावच अदृश्य हो जाते हैं। समस्त वलित क्षेत्र एक समप्राय मैदान के रूप में परिवर्तित हो जाता है। नदियाँ स्थलखंड की संरचना का बिना विचार किये प्रवाहित होती हैं अर्थात् इस अवस्था में नदियों में प्रवाह के ऊपर संरचना का प्रभाव नहीं पड़ता है, क्योंकि नदियाँ स्थलखंड के ऊपर काप मिट्टी की परत का आवरण बिछा देती हैं। परिणामस्वरूप स्थलखंड का वास्तविक संरचनात्मक भाग आच्छादित हो जाता है।

वलित स्थलखंड के समप्राय मैदान में परिवर्तित हो जाने के बाद उसमें पुनः उत्थान हो सकता है। यदि यह घटना घटित हो जाती है तो नदियों में नवोन्मेष (Rejuvenation-पुनर्युवन) आ जाता है और अपरदन की मात्रा बढ़ जाती है क्योंकि नदियाँ पुनः सक्षमता में आ जाती हैं। पुनर्युवन के कारण द्वितीय अपरदन-चक्र प्रारम्भ हो जाता है तथा समानान्तर कटक (Parallel ridges) और घाटियों का क्रमानुसार विकास हो जाता है।

वलित-पर्वतीय क्षेत्र में अपरदन के सामान्य चक्र (नदीय चक्र-Fluvial cycle) के विषय में परस्पर विरोधी मतों का प्रचलन किया गया है। कुछ विद्वान नवानुवर्ती सरिता (Resequent stream) का जन्म एवं विकास द्वितीय चक्र के समय मानते हैं। उदाहरण के लिये उलरिज तथा मार्गन (S. W. Wooldridge and R. S. Morgan, 1960) ने इस तरह का उल्लेख अपनी पुस्तक में किया है। प्रथम चक्र में अपनति-घाटी तथा अभिनति षटक के बाद ही स्थलखंड का समप्राय मैदान में परिवर्तन हो जाता है तथा उसके पुनरुत्थान के बाद द्वितीय चक्र प्रारम्भ होता है। इस मत के प्रवर्तकों के अनुसार परवर्ती नदी, अपनति-घाटी के नीचे अवरोधक शैल-स्तर के आ जाने के कारण, उत्पन्न अवरोधक शैल वाले कटक की नति (Dip) के सहारे एकदिशतः स्थानान्तरण (Uniclinal shifting) द्वारा, अभिनति कटक की कोमल चट्टान को काट करके प्रारम्भिक अभिनति में अपना मार्ग बना लेती है। इसके विपरीत विद्वानों के द्वितीय वर्ग ने नवानुवर्ती सरिता का जन्म नदी द्वारा अपरदन के प्रथम चक्र में ही बताया है। इतना ही नहीं, नवानुवर्ती सरिता का जन्म तथा विकास प्रथम चक्र की प्रौढावस्था के समय ही हो जाता है। लोबेक सहोदय ने इस विचारधारा का स्पष्ट उल्लेख अपनी पुस्तक “Geomorphology” में किया है। इन्होंने बताया है कि परवर्ती नदी, अपनति-घाटी के नीचे प्रतिरोधी शैल स्तर के आ जाने से निमित्त कटक को एक स्थान पर काट देती है तथा उस पर अध्यारोपित हो जाती है। इस समय नदी

पहले नवीन प्रतिरोधी कटक के एक ओर प्रवाहित होंगी है तथा बाद में दूसरी ओर। नवीन प्रतिरोधी कटक (New resistant ridge) के ऊपरी भाग से निकलकर नदियाँ परवर्ती से मिलती हैं। इन्हे लोबेक ने नवानुवर्ती (Resequent) की मजा प्रदान की है। इसके विपरीत क्लेरिज तथा मार्गन के अनुसार परवर्ती नदी एकदिनत स्थानान्तरण के कारण अभिनति-कटक को काट करके, मौलिक अभिनति में चली जाती है तथा यह नवानुवर्ती होती है।

उपर्युक्त अपरदन-चक्र की व्याख्या के समय लेखक ने नवानुवर्ती का विकास लोबेक के विचारों के आधार पर प्रथम चक्र के समय ही माना है तथा उसका प्रदर्शन चित्र 276 के सातवें बलन पर किया गया है। वास्तव में नवानुवर्ती सरिता (Resequent Stream) का आविर्भाव प्रथम अपरदन-चक्र के समय होगा या द्वितीय चक्र के समय? यह बलन की चट्टानों की बठोरता पर आधारित होगा। यदि प्रथम चक्र के समय ही अपनतोष घाटी (Anticlinal Valley) के नीचे कठोर पग्ल आ जाती है तो परवर्ती नदी उस कठोर पग्ल वाले कटक के नति के सहारे एकदिनत स्थानान्तरण द्वारा अभिनतीय कटक (Synclinal Ridge) में गलक कर उनकी मुलायम शैल को काट कर अपनी घाटी बना लेती है। इस स्थिति का उल्लेख उपर्युक्त चक्र में किया गया है। इसके विपरीत यदि प्रथम चक्र की समाप्ति अभिनतीय कटक तथा अपनतोष घाटी के बाद ही हो जाती है और समप्राय मैदान की उत्पत्ति हो जाती है तो स्थलपट्ट के पुन उठने के बाद नदियाँ पूर्ववत् अपरदन करेंगी तथा यदि समप्राय मैदान के नीचे सरचना पहले जैसी ही होगी तो पुन अपनतोष घाटी तथा अभिनतीय कटक का निर्माण होगा। परन्तु यदि समप्राय मैदान में अपनतोष घाटी के नीचे एक हल्के आवरण के बाद प्रतिरोधी शैल है तो अपनतोष घाटी की परवर्ती सरिता एकदिनत स्थानान्तरण द्वारा अभिनतीय कटक को काट कर अपना स्थान मौलिक अभिनति घाटी में बना लेगी।

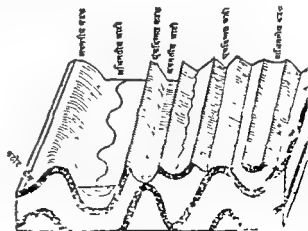
बलित पर्वत पर अपरदन चक्र से उत्पन्न स्थलरूप—  
यान्तव में अपनति तथा अभिनति बाने विभिन्न बठोरता वाली शैलों में निमित्त माध्यामर बनीय पर्वत पर नदी द्वारा अपरदन-चक्र से उत्पन्न सबसे महत्वपूर्ण स्थलाकृतिक श्रिया उष्वावध का प्रतिनोमन (Inversion of relief) है। इसके अन्तर्गत अपरदन के कारण ऊँचे उडे भाग (Anticlines अपनतियाँ), निम्न भाग (अभिनति Syncline) बन जाते हैं तथा निम्न भाग, ऊँचे भाग। कुल

मिलाकर बलित पर्वत पर अपरदन-चक्र द्वारा तीन प्रकार की घाटियाँ नया तीन प्रकार के कटक (Ridges) का आविर्भाव होता है। चित्र 277 में स्पष्ट रूप से प्रदर्शित किया गया है।

(i) अवनतोष कटक (Anticlinal Ridges)—  
बलित पर्वत की मौलिक अपनति अर्थात् ऊँचे उडे भाग की अपनतोष कटक कहा जाता है। इसके अलावा इनका निर्माण अधिक अपरदन के बाद अपनति के बठोर होत वाले स्तर के ऊपर आने तथा समीपवर्ती शीतल शैल के कट जाने के बाद भी होता है। चित्र 277 में 1 मौलिक अपनति को तथा अन्तिम भाग अपरदन के बाद उत्पन्न कटक को प्रदर्शित करत है।

(ii) अभिनतीय कटक (Synclinal R)—  
इनका निर्माण एक-मात्र अपरदन द्वारा ही होता है। अपनतोष भाग के अधिक कट जाने के कारण उत्पन्न वाला भाग कम अपरदन के कारण उँचा रह जाता है। इसका ऊपरी भाग संकरा होता है। 6 अभिनतीय कटक को प्रदर्शित करता है।

(iii) एकरिन्न कटक (Homoclininal Ridges)—  
इनका निर्माण बठोर शैल वाले एकदिनत स्तर द्वारा होता है। इनके दोनों किनारों के ढाल बराबर होते हैं। 3 द्वारा यह स्पष्ट हो जाता है।



चित्र 277—अपनति तथा अभिनति पर अपरदन द्वारा उत्पन्न विभिन्न स्थलरूप।

(iv) अभिनतोष घाटी (Synclinal Valley)—  
मौलिक अभिनति के जंघ (Axis) के सहारे बनी घाटी को अभिनति घाटी कहते हैं (2)। इसके अलावा अभिनति कटक के अपरदन हो जाने पर पुन उस स्थान पर अभिनति घाटी का निर्माण हो जाता है। इस दशा को

चित्र में अंकित नहीं किया गया है। इसके लिये देखिये चित्र संख्या 276 का अन्तिम भाग। इस तरह की (अपरदन के बाद) घाटी को नवानुवर्ती घाटी भी कहा जा सकता है क्योंकि इसमें नवानुवर्ती नदी का विकास हो जाता है।

(v) अपनतीय घाटी (Anticlinal Valley)—मौलिक अपनति के ऊपर पर्वती नदी द्वारा अपरदन के कारण निमित्त घाटी को अपनतीय घाटी कहते हैं। यह उच्चावच प्रतिलोमन की पश्चायिका होती है (4)।

(vi) एकदिग्गत घाटी (Homoclinal Valley)—अपरदन के बाद एकदिग्गत ढलक तथा अपनति के कठोर स्तर के बीच निमित्त घाटी को एकदिग्गत घाटी कहते हैं। वास्तव में दो प्रतिरोधी शैल की स्तरों के बीच स्थित कोमल चट्टान की स्थिति के कारण इस तरह की घाटी का निर्माण होता है (5)।

#### गुम्बदाकार पर्वत पर नदीय अपरदन-चक्र (Fluvial Cycle of Erosion on a Dome Mountain)

सामान्य परिचय—जब पृथ्वी के धरातलीय भाग में चाप के आकार में उभार होने से धरातलीय भाग ऊपर उठ जाता है तो उसे गुम्बदनुमा या गुम्बदाकार पर्वत कहते हैं। वास्तव में गुम्बद का ऊपरी भाग गोलाकार होता है। छोटे-छोटे ढेर से लेकर ऊँचे-ढिँचे और विस्तृत गुम्बद मिलते हैं। संयुक्त राज्य अमेरिका का सिनसिनाती उथान (Cincinnati Uplift) एक लघु और निम्न गुम्बद का प्रमुख उदाहरण है। इसमें चट्टानों के स्तरों की नति (Dip) केवल 9° का कोण बनाती है। इनके विपरीत ब्लैक हिल्स तथा बिगहार्न्स (Black Hills and Big-horns) विस्तृत गुम्बदों के उदाहरण हैं। आकार में भी गुम्बदाकार पर्वतों में पर्याप्त अन्तर मिलते हैं। कुछ सौ मीटर से लेकर इन पर्वतों का विस्तार कई किलोमीटर तक होता है। उच्चावच का आविर्भाव और विकास की दृष्टि से गुम्बदाकार पर्वतों को तरुण, प्रौढ़ तथा ज्योर्ण, तीन प्रकारों में विभाजित किया जा सकता है। वर्तमान समय में विस्तृत तरुण गुम्बदों का उदाहरण मिलना कठिन होता है। अधिकांश गुम्बद अपरदन द्वारा घिस कर प्रौढ़ रूप (Mature dome) में ही दृष्टिगत होते हैं। अन्य स्थलखण्ड के समान गुम्बदाकार पर्वतों के निर्माण होते ही उन पर अपरदन के साधन अपना कार्य प्रारम्भ कर देते हैं तथा अपरदन-चक्र की विभिन्न अवस्थाओं से होते हुए गुम्बद अपरदित होकर अन्ततः समप्राय मैदान (Peneplain) के रूप में परिवर्तित हो जाते हैं। अधिकांश गुम्बदों में अपरदन द्वारा उनके समप्राय मैदान में

बदल जाने पर निक्षेप के आवरण के कारण ये अन्तर्हित गुम्बद (Buried Dome) के रूप में बदल जाते हैं तथा उन पर विकसित प्रवाह-प्रणाली को पश्चजात प्रवाहक्रम (Epigenetic drainage system) कहते हैं, क्योंकि गुम्बदों के निर्माण के काफी समय बाद इसका (प्रवाह-क्रम) आविर्भाव हुआ है। गुम्बदाकार पर्वत की संरचना कई तरह की हो सकती है। उसके पार्श्वों (Flanks) के महारे कई प्रकार की संरचनात्मक अव्यवस्थाएँ हो सकती हैं। चट्टानों के स्तर माधारण कोण पर झुके रहते हैं, वे उल्टे हो सकते हैं या प्रतिवर्तित (Overturned) हो सकते हैं। स्तरों में भ्रम के कारण टूटन (Breaking) हो सकती है या पार्श्वों पर एकदिग्गत ढलन (Monoclinical folds) हो सकते हैं। गुम्बद की संरचना एक जैसी चट्टानों की हो सकती है, कठोर तथा मुलायम चट्टानों के स्तर एकान्तर क्रम (Alternate) से हो सकते हैं या ऊपर मुलायम तथा आन्तरिक भाग में रवेदार हो सकती हैं। इस तरह विभिन्न संरचना वाले गुम्बद में अपरदन-चक्र से उत्पन्न स्थलरूप भिन्न-भिन्न होंगे। निचली पंक्तियों में नदी द्वारा अपरदन-चक्र की विभिन्न अवस्थाओं का उल्लेख किया जा रहा है।

चक्र का प्रारम्भिक रूप—चूँकि वर्तमान समय के विस्तृत गुम्बदाकार पर्वत या तो एक से अधिक अपरदन-चक्र से होकर गुजर चुके हैं या प्रथम चक्र की प्रौढ़ावस्था को प्राप्त हो चुके हैं। इस तरह कई गुम्बदों के उच्चावच बहुचक्रीय उच्चावच (Multicyclic reliefs) को प्रदर्शित करते हैं। इस स्थिति के कारण गुम्बदाकार पर्वतों पर अपरदन-चक्र द्वारा स्थायिकता के विकास के लिये वास्तविक दशा का उल्लेख करना कठिन कार्य है। दूसरे शब्दों में, यह बताना कठिन है कि किस अवस्था में तथा किस रूप में गुम्बदों पर अपरदन-चक्र प्रारम्भ होता है। अतः यहाँ पर गुम्बदाकार पर्वत का नदीय अपरदन-चक्र एक आदर्श अपरदन-चक्र (An ideal cycle of erosion) अथवा परिकल्पित चक्र (Hypothetical cycle) के रूप में ही प्रदर्शित किया जा सकेगा। चक्र प्रारम्भ होने के पहले हम मान लेंगे कि एक गुम्बद का निर्माण होता है, जिसकी संरचना में प्रतिरोधी (Resistant) तथा कोमल चट्टानों की परतें एकान्तर क्रम से होंगी। गुम्बद का अन्तरतम या कोर भाग (Core) रवेदार आग्नेय (Crystalline Igneous) चट्टान का बना है जो कि प्रतिरोधी (Resistant) है। गुम्बद के पार्श्व पर चट्टानों के स्तर सामान्य रूप में हैं

तथा उनमें संग्रह या प्रतिबलन नहीं है। इस तरह वे गुम्बद पर अपरदन-चक्र प्रारम्भ होता है तथा निम्न अवस्थाओं से होकर गुजरता है :

1. युवावस्था (Youth Stage)—गुम्बद के घरातल से ऊपर उठते ही उस पर नदियों का आविर्भाव होने लगता है। सर्वप्रथम नदियाँ ढालों के अनुरूप विकसित होती हैं। अतः इन्हें स्वभाव-बद्ध सरिता कहा जा सकता है। चूँकि ये नदियाँ ढालों का अनुकरण करती हैं, अतः इन्हें अनुवर्ती सरिता (Consequent stream) भी कहा जाता है। गुम्बद का भाग गोलाकार होता है, अतः ऊपरी भाग से नदियाँ निकलकर चारों तरफ़ निचले ढालों पर प्रवाहित होती हैं। चूँकि इस व्यवस्था में नदियाँ एक केन्द्र से निकलकर चारों तरफ़ शहर की ओर प्रवाहित होती हैं, अतः गुम्बद पर प्रथमावस्था में उत्पन्न प्रवाह-प्रणाली, अरीय या केन्द्रायामी प्रवाह-प्रणाली (Radial

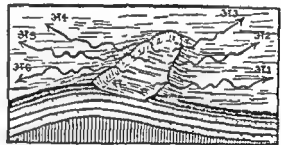


चित्र 278—गुम्बदाकार पर्वत पर अपरदन-चक्र को प्रारम्भिक अवस्था।

drainage pattern) या (अपकेन्द्री प्रणाली के रूप में होती है। अरीय प्रवाह-प्रणाली वास्तव में तरुण गुम्बदों की प्रमुख विशेषता है। विशेषकर यदि भूपटल के तटीय भागों के छोटे-छोटे तरुण गुम्बदों का पर्यवेक्षण किया जाय तो स्पष्ट हो जाता है कि इनके ऊपर अरीय प्रवाह-प्रणाली का ही विकास होता है। यदि छोटा गुम्बद बनार प्रयोगशाला में उस पर जल गिरा कर प्रयोग किया जाय तो उपर्युक्त निष्कर्ष की ही पुष्टि होती है।

तदनुसार ही अनुवर्ती नदियाँ गुम्बद के पार्श्व भाग (Flanks) पर स्तर के तल से सहारे ऊँचे भाग से निचले भाग की ओर प्रवाहित होती हैं। इस अवस्था में उनकी महायुक्त नदियों का विकास नगण्य होता है। नदी हटाव (Downward cutting) द्वारा अपनी पाटी को गहरा करने में सतत प्रयत्नशील रहती है। इस अवस्था में नदियों का शीर्ष अपरदन (Headward erosion)

अधिक सक्रिय होता है। चित्र 279 में चक्र की तरुणावस्था की प्रारम्भिक अवस्था को दिखाया गया है। अतः अनुवर्ती नदियों को प्रदर्शित करता है अतः कुल अनुवर्ती नदियों की संख्या 6 है। नदियाँ अपने शीर्ष अपरदन द्वारा गुम्बद के ऊपर पहुँचने का प्रयास करती हैं। शीर्ष अपरदन में अपक्षय (Weathering), अवसातन (Slumping) तथा सामूहिक स्थानान्तरण (Mass translocations) का पर्याप्त हाथ रहता है। अन्ततः शीर्ष अपरदन करके अनुवर्ती नदियाँ गुम्बद के शीर्ष भाग पर पहुँच जाती हैं तथा वहाँ पर अपरदन द्वारा बेसिन का निर्माण करती हैं। पहले यह बेसिन निहायत छोटे आकार की होती है, परन्तु अपरदन के साथ इसका आकार बढ़ता जाता है। गुम्बद का ऊपरी स्तर प्रतिरोधी शैल या बना हुआ है। नदियों ने इसे काट करके निचले कोमल स्तर पर अपनी बेसिन का विकास कर लिया है। इस अवस्था को चित्र 279 में विवक्षित किया गया है।

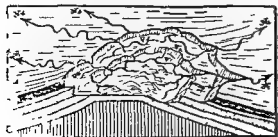


चित्र 279—गुम्बदाकार पर्वत पर अपरदन-चक्र का तरुणावस्था।

नदियाँ अपरदन द्वारा जब प्रतिरोधी शैल के स्तर को काट कर अपनी बेसिन का विकास करती हैं तो बड़ा हुआ प्रतिरोधी शैल-भाग कणार (Scarp, चित्र में स) का निर्माण करता है। जैसे-जैसे नदियों का अपरदन बढ़ता जाता है, यह कणार भी पीछे की ओर हटता जाता है, जिससे गुम्बद के शीर्ष भाग पर बेसिन का विस्तार होने से उसका आकार बढ़ता जाता है। बेसिन के आकार में विस्तार के साथ ही साथ उसकी गहराई भी बढ़ती जाती है, क्योंकि नदियाँ निरन्तर एक के बाद, दूसरी निचली परत का अपरदन करके उन्हें काटती रहती हैं। मुलायम चट्टानों के स्तर तो अधिक मात्रा में शीघ्र बट जाते हैं, परन्तु प्रतिरोधी स्तर का भाग कणार के रूप में निरुद्ध

रहता है। प्रतिरोधी स्तरों का कगार (Scarp) तीव्र ढाल वाला होता है, परन्तु कोमल स्तरों का कगार मन्द ढाल वाला होता है। चित्र 279 में यह स्पष्ट रूप से परिलक्षित होता है। तरुणावस्था में जब तक निम्न कटान द्वारा बेसिन का गहरा होना चलता रहता है, जब तक कि रवेदार चट्टान वाले कोर (Core) के ऊपर स्थित सभी चट्टानी स्तरों का कटाव न हो जाय। अब नदियों का ऊपरी भाग रवेदार चट्टानों वाले कोर के ऊपर आ जाता है।

2 प्रौढ़ावस्था (Maturity)—तरुणावस्था की समाप्ति और प्रौढ़ावस्था के आते ही बेसिन का गहरा होना स्थगित हो जाता है, क्योंकि अब तक कोर के ऊपर की सभी परतों का निष्कासन (Removal) हो जाता है। नदियाँ अपनी घाटी को लम्बा करके कोर के ऊपर हो जाती हैं। इस अवस्था में उच्चावच सर्वाधिक होता है। अनुवर्ती नदियाँ अपनी सहायक नदियों को जन्म देने लगती हैं। सहायक नदियों का आविर्भाव मुख्य रूप से कोमल चट्टान वाले स्तरों में होता है। ये सहायक नदियाँ वास्तव में परवर्ती (Subsequent) ही होती हैं, जो कि अपनी अनुवर्ती से समकोण पर मिलती हैं। ये सहायक नदियाँ भी शीर्ष अपरदन द्वारा अपनी घाटी का विकास करती हैं। इस अवस्था में सरिता अपहरण प्रमुख रूप में सक्रिय रहता है। निचले स्तरों पर प्रवाहित होने वाली परवर्ती नदियाँ शीर्ष अपरदन द्वारा अनुवर्ती नदियों के शीर्ष-जल (Headwater) का अपहरण कर लेती हैं। चित्र 280 में प्रथम अनुवर्ती की सहायक प' नदी ने अ' के शीर्ष जल तथा प' ने अ' के शीर्ष जल का अपहरण करके अपने मार्ग का विस्तार कर लिया है। इस तरह परवर्ती नदियों द्वारा शीर्ष अपरदन एवं सरिता-अपहरण के कारण वलयकार प्रवाह प्रणाली (Annular drainage pattern) का विकास होता है, जिसके अन्तर्गत परवर्ती



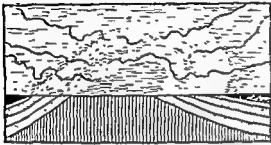
चित्र 280—गुम्बदाकार पर्वत पर अपरदन-चक्र की प्रौढ़ावस्था।

नदियाँ कोमल चट्टानों के स्तर में गुम्बद के चारों तरफ वृत्ताकार रूप में अपने प्रवाह-त्रय का विकास एवं विस्तार करती हैं, सरिता-अपहरण के कारण कटको के ऊपरी भाग में वात दर्रा (Windgap) का आविर्भाव होता है।

प्रौढ़ावस्था एकान्तरक्रम से स्थित कठोर तथा कोमल चट्टानों वाले स्तरों पर विशेषक अपरदन (Differential erosion) के कारण कठोर शैल वाली परत का भाग ऊपर की तरफ निकला रहता है, जिसमें पतले तथा भँकरे कटक (Ridges) का निर्माण होता है। यदि इन कटकों का ढाल तीव्र तथा दोनों ओर समान होता है तो उन्हें शूब्रर कटक (Hogback-हाक बैक) कहते हैं। इसके विपरीत यदि इनका ढाल मन्द होता है तो उन्हें क्वेस्ता (Questa) कहते हैं। हाग बैक उस सम्बन्धी, पतली व संकरी श्रेणी को कहते हैं, जिसका आविर्भाव अपरदन द्वारा होता है, और जिसके दोनों ओर नति (Dip) तीव्र होती है अर्थात् ढाल खड़े होते हैं। जब अपरदन द्वारा उत्पन्न इन प्रतिरोधी चट्टानों के स्तरों का भाग कटक के रूप में एक दिशा में झुका होता है तो उसे एकदिग्गत, कटक (Homoclinal Ridges) कहते हैं। हाग बैक तथा एकदिग्गत कटक के बीच नतिलम्ब घाटियाँ (Strike Valleys) होती हैं, जिनका विकास कोमल चट्टान की परतों के ऊपर होता है। इन नतिलम्ब घाटियों को स्ट्राइक घाटियाँ भी कहते हैं। इन घाटियों के अन्तर्गत परवर्ती नदियाँ वलयकार (Annular) रूप में प्रवाहित होती हैं। हाग बैक से निकलकर सहायक नदियाँ दो दिशाओं में प्रवाहित होती हैं। एक तो मुख्य अनुवर्ती के निपरीत दिशा में प्रवाहित होकर परवर्ती नदी से समकोण पर मिलती हैं। इसे प्रत्यनुवर्ती सरिता (Obsequent Stream) कहते हैं। चित्र 280 में प्रत्यनुवर्ती नदी को प्रदर्शित करता है। दूसरी नदी गुम्बद स्तरों की नति (Dip) की दिशा में प्रवाहित होकर परवर्ती नदी से समकोण पर मिलती है। इस प्रकार की सरिता को नवानुवर्ती (Ressequent) कहते हैं। यह मुख्य अनुवर्ती की दिशा में ही बहती है।

सभी स्तरों के कट जाने पर गुम्बद का मध्यवर्ती रवेदार कोर (Crystalline Core) अब खुला रहता है, जिस पर नदियाँ अपरदन का कार्य प्रारम्भ करती हैं। धीरे-धीरे कोर (Core) कटता जाता है। इस कोर का अपरदित स्थलरूप उसके आकार तथा संरचना पर आधारित होता है। यदि गुम्बद का आकार छोटा है तो

अधिक अपरदन के बाद गुम्बद का मध्यवर्ती भाग एक चौड़ी बेसिन के रूप में बदल जाता है। दक्षिणी पूर्वी इंग्लैंड के वेल्ड गुम्बदरीय क्षेत्र (Weald) में इस तरह के स्थलरूप का विकास हुआ है। यदि कोर में अत्यधिक प्रतिरोधी चट्टान के स्तर हैं तो अपरदन कम होगा एवं ऊपरी सतह उबड़-खाबड़ होगी और मध्यवर्ती भाग एक पठार के रूप में होगा। यह विशेषता गुम्बद पर्वत पर अपरदन चक्र के पूर्ण प्रोढ़ावस्था की परिचायिका होती है।



चित्र 281—गुम्बदाकार पर्वत पर अपरदन-चक्र की जीर्णवस्था।

3. जीर्णवस्था (Old Stage)—प्रोढ़ावस्था के बाद नदियाँ अपना भौतिक या पार्व्वर्ती अपरदन (Lateral erosion) अधिक कर देती हैं फलस्वरूप प्रोढ़ावस्था के उन्चावच (Reliefs) कट कर घटने लगते हैं। इस अवस्था में गुम्बद के मध्यवर्ती भाग (जो कि प्रतिरोधी रवेदार शैल का बना है) का भी अपरदन होने लगता है। एक निश्चित समय के बाद हागबैंक, एकदिननेत कटक तथा बवेस्टा आदि क्षुत् हो जाते हैं। प्रोढ़ावस्था की बलपाकार प्रवाह-प्रणाली का सर्वथा लोप हो जाता है। समस्त गुम्बद कट कर एक सपाट मैदान के रूप में परिवर्तित हो जाता है। जीर्णवस्था के अन्तिम चरण में गुम्बद एक समप्राय मैदान (Peneplain) के रूप में बदल जाता है और नदीय अपरदन चक्र (Fluvial cycle of erosion) का एक चक्र समाप्त हो जाता है। यहाँ पर यह स्मरण रखना होगा कि यह चक्र पूर्णतया तभी सम्पन्न हो सकता है जबकि गुम्बद एक लम्बे समय तक स्थिर (Standstill) रहेगा, अन्यथा उत्थान आदि के कारण चक्र में व्यवधान (Interruption) उपस्थित हो सकता है।

# भूमिगत जल तथा कार्स्ट स्थलाकृति

(Underground Water and Karst Topography)

**भूमिगत जल का तात्पर्य—**पृथ्वी की ऊपरी सतह से नीचे भूपृष्ठीय चट्टानों के छिद्रों तथा दरारों में स्थित जल को भूमिगत जल (Underground water) की संज्ञा प्रदान की जाती है। धरातलीय सतह के नीचे भूमिगत जल की स्थिति के अनेक प्रमाण हैं, जैसे कुएँ, गेसर (Geyser), जलस्रोत (Spring) आदि। चूँकि यह जल ऊपरी सतह के नीचे मिलता है अतः इसे अधःतल-जल (Sub-surface water) भी कहते हैं। वर्षा का जल विभिन्न रूपों में धरातल की ऊपरी सतह से रिस करके नीचे चला जाता है तथा पारगम्य चट्टानों के गिक्त स्थानों में एकत्र होकर भूमिगत जल का रूप धारण करता है। भूमिगत जल का कार्य सतह के ऊपर तथा नीचे दोनों स्थानों पर होता है, क्योंकि ऊपरी सतह पर भी जल के गिक्ते समय कुछ अपरदन का कार्य (घोलीकरण Solution) होता है, जिनसे छोटे-छोटे गड्ढे तथा कटक का निर्माण होता है। ऊपरी सतह के नीचे जब पारगम्य शैल की स्थिति होती है तो, ऊपरी जल रिस कर नीचे चला जाता है, जहाँ पर अपरदन तथा निक्षेप द्वारा स्थलरूपों का पुनर्जनन तथा विकास करता है। भूमिगत जल के अन्तर्गत जब तक गति नहीं होती है तब तक उसका भूगर्भ-शास्त्र एवं भू-आकृति विज्ञान की दृष्टि में महत्त्व नहीं होता है, क्योंकि इस परिस्थिति में भूमिगत जल स्थलरूप के निर्माण में निष्क्रिय होता है। गतिशील भूमिगत जल (यद्यपि गति सामान्य हो होती है) का ही सम्बन्ध भूगोल तथा भू-गर्भ शास्त्र के विचारविमो से होता है। भूमिगत जल की समग्र मात्रा का ठीक गना लगाना तो कठिन है क्योंकि यह अदृश्य तथा असंख्य स्थान पर होता है। प्रायः ऐसा अनुमान किया जाता है कि यदि समस्त भूमिगत जल को धरातल की सतह पर ला दिया जाय तो पृथ्वी की ऊपरी सतह पर सर्वत्र 500 फीट की ऊँचाई तक जल का विस्तार हो जायेगा। Slitcher महोदय के अनुमान के अनुसार भूमिगत जल इतना अधिक होता है कि उसे सतह पर लाने से सर्वत्र 3,000 से 3,500 फीट ऊँची जल की सतह का विस्तार हो जायेगा।

**भूमिगत जल के स्रोत (Sources of Underground water)—**भूमिगत जल की प्राप्ति के विषय में साधारण व्यक्ति यही सोचता है कि सागरीय जल रिस करके धरातल के नीचे पहुँच जाता है। यद्यपि सागर द्वारा भूमिगत जल की प्राप्ति होती है परन्तु भूमिगत जल के स्रोत का यह एक सामान्य भाषन है। भूमिगत जल प्रत्यक्ष तथा अप्रत्यक्ष रूप में कई स्रोतों से प्राप्त होता है। 1. सर्वप्रमुख स्रोत जलवर्षा तथा हिम हैं। धरातलीय भागों पर स्थित सालाबो, झीलें, नदियाँ, वनस्पतियों तथा सागरी से वाष्पीकरण द्वारा प्राप्त जल, वर्षा तथा हिमपात के रूप में धरातल पर चला आता है। इस तरह जलवर्षा तथा हिम के पिघलने से प्राप्त जल को उल्का-जल तथा आकाशी जल (Meteoric water) कहते हैं। आकाशी जल जैसे ही धरातल के ऊपरी भाग पर आता है वह चट्टानों की संधियों, छिद्रों (Pores), दरारों तथा चट्टानों से सस्तरण तल (Bedding plane) से होकर रिसने लगता है और अन्ततः सतह के नीचे अपारगम्य चट्टानों सतह पर पहुँच कर रुक जाता है तथा भूमिगत जल का रूप धारण कर लेता है। भूमिगत जल में आकाशी जल की प्रधानता इसी बात में प्रमाणित हो जाती है कि वर्षा के कम होने या शुष्क मौसम में कुओं में जल-तल नीचा हो जाता है, जलस्रोत सूख जाते हैं, तथा बहदो में नीचे से रिस कर आने वाला जल बन्द हो जाता है। 2. सहजात जल (Connate water) भूमिगत जल का द्वितीय महत्त्वपूर्ण साधन है। सागर या झीलें में निक्षेपित परतदार चट्टानों में छिद्रों तथा गुहाओं में स्थित जल को तलछट जल या सहजात जल कहते हैं। जब सागरी या चट्टानों की स्तरों का जमाव होता है तो सागरीय जल पारगम्य स्तरों के मध्य रुक जाता है तथा चारों तरफ से यह अपारगम्य शैल से घिरा रहता है। जब उत्थान द्वारा यह शैल ऊपर उठ आती है तो उसका जल भूमिगत जल से मिल जाता है। इस तरह के जल को सहजात जल कहते हैं। इस तरह के जल में यथेष्ट गति नहीं होती है। 3. पृथ्वी के अन्तर्गत ज्वालामुखी-क्रिया के कारण तप्त मैग्मा चट्टानों में प्रवेश





कमजोर कर देना अधिक महत्वपूर्ण होता है। यही कारण है कि भूमिगत जल का कार्य चूने के पत्थर वाले क्षेत्रों में अधिक महत्वपूर्ण होता है। यद्यपि मामान्य रूप में ही मही, भूमिगत जल ऊपरी सतह के नीचे मन्द गति से प्रवाहित होता हुआ अपने रासायनिक तथा यांत्रिक कार्यों द्वारा अन्य अपरदन के कारकों के समान चट्टान को अपरदित करके उसके प्रात मलया का कुछ हद तक परिवहन (घोल रूप में) करता है तथा अन्त में उसका निक्षेपण कर देता है। भूमिगत जल का परिवहन कार्य अत्यन्त नगण्य होता है, क्योंकि इसके प्रवाह की गति बहुत कम होती है। अपरदनात्मक और निक्षेपात्मक कार्य अवश्य महत्वपूर्ण होते हैं। आर्द्र प्रदेशों में जल वृत्ति की अधिकता के कारण भूमिगत जल अपरदन के लिए अधिक क्रियाशील हो जाता है। चूने के पत्थर के अलावा डोलोमाइट, जिप्सम तथा चूने (Chalk) मिट्टी वाले भागों में भूमिगत जल का कार्य अधिक महत्वपूर्ण होता है।

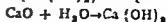
**अपरदनात्मक कार्य (Erosional Work)**—भूमिगत जल का अपरदनात्मक कार्य भी कई रूपों में सम्पन्न होता है। अपक्षय के साथ विघटित तथा वियोजित चट्टानों के सामूहिक स्थानान्तरण (Mass translocation) में भूमिगत जल का महत्व अत्यधिक होता है। अपक्षय के कारण चट्टानें जब विघटित तथा वियोजित होकर ढीली पड़ जाती हैं तो भूमिगत जल चट्टानों की भग्नावशि (Rock Waste) को सामूहिक रूप में घिसकने में विक-नाइट या स्नेहन (Lubrication) का कार्य करता है। जल से चट्टानें सतृप्त (Saturated) होकर ऊँचे ढालों में निचले भागों में सामूहिक रूप में सरकने लगती हैं। इस क्रिया को “भग्नावशि का सामूहिक स्थानान्तरण” (Mass translocation of rockwaste) कहते हैं। इसके अन्तर्गत उच्च पहाड़ी भागों में हिम के पिघलने से प्राप्त जल द्वारा जब गैल-ग्राइड सरक कर नीचे गिरते हैं तो उसे एवालांसा (Avalanche) कहते हैं। आर्द्र भागों में जल से सतृप्त चट्टानों के जब बड़े-बड़े टुकड़े पहाड़ी ढालों या ऊँची नदियों की तल दक्षरी पाटियों के ऊपरी भाग से नीचे की ओर सरकते हैं तो उसे भूमि-स्खलन कहते हैं। इसके अलावा चट्टानों के पूर्ण ऊपरी ढाल पर मन्द गति से या तीव्र गति में विभिन्न रूपों में सरकते हैं। इस क्रिया को सर्पन (Creep) कहते हैं। इसमें प्रमुख हैं—भूमिसर्पन (Land creep), मृदा-सर्पन (Soil creep or solifluction), पंकबाह (Mudflow), अवपात (Slum-

ping) आदि। इस प्रक्रम के चट्टानों के सामूहिक स्थानान्तरण से तरह-तरह के स्थलरूपों का आविर्भाव तथा विकास होता है। सामूहिक स्थानान्तरण का “अपक्षय” वाले जगहों में विघटित विवरण दिया जा चुका है। भूमिगत जल का वास्तविक अपरदनात्मक कार्य निम्न रूपों में सम्पन्न होता है—

(अ) घुलने की क्रिया (Solution)—शुद्ध जल रासायनिक दृष्टि से अक्रिय होता है क्योंकि इसमें रासायनिक पदार्थों के घुलाने की सामर्थ्य नहीं होती है। परन्तु जब यह जल कार्बन-डाई-आक्साइड गैस के सम्पर्क में आ जाता है तो यह एक सक्रिय घोलक कारक (Active solvent agent) हो जाता है। चूँकि भूमिगत जल का अधिकांश भाग वर्षा द्वारा प्राप्त होता है और यह जल भूमि के ऊपरी सतह से होकर आता है, अतः इसमें पर्याप्त कार्बन डाई-आक्साइड गैस मिल जाती है जिससे यह जल घोलक हो जाता है। भूमिगत जल का कार्य सर्व-प्रथम धरातल की ऊपरी सतह से प्रारम्भ होता है। जब वर्षा का जल सतह पर पहुँचता है तो उसके साथ कार्बन-डाई-आक्साइड गैस मिल जाती है। परिणामस्वरूप धरा-तलीय जल चूने की चट्टान वाले भाग में ज़ारी सतह पर घुलनशील खनिजों को चट्टान से अलग कर लेता है जिस कारण ज़ारी सतह में छोटे-छोटे छिद्र बन जाते हैं। इन छिद्रों से होकर जल नीचे प्रविष्ट होता है। इस घोलक जल का सम्पर्क जब घुलनशील पदार्थों वाली चट्टानों में होता है तो घुलनशील पदार्थ चट्टान से अलग होकर भूमिगत जल के साथ हो लेते हैं। इस क्रिया के कारण चट्टान ढीली पड़ कर वियोजित हो जाती है तथा अपक्षय के कारण ढीली चट्टानें गिरन लगती हैं। परिणामस्वरूप ऊपरी सतह के नीचे तरह-तरह की कन्दराओं का निर्माण होता है। घुलने की क्रिया द्वारा कमजोर चट्टानें अपरदन के अन्य माध्यमों द्वारा भी अधिक अपरदित होती हैं। ऊपरी सतह के नीचे चूने की चट्टान वाले प्रदेश में स्थलाकृति के निर्माण में भूमिगत जल का घोलक कार्य सर्वाधिक महत्वपूर्ण होता है।

पूना पत्थर (Limestone) की विलयन प्रक्रिया (solution process) की निम्न रूप में ध्यक्ष किया जा सकता है—

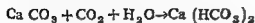
(i) कैल्शियम आक्साइड (CaO) की जल (H<sub>2</sub>O) के साथ अभिक्रिया (reaction) होने पर कैल्शियम हाइड्रॉक्साइड (Ca (OH)<sub>2</sub>) बनता है—



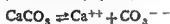
(ii) कैल्सियम हाइड्रोक्साइड की कार्बन डाई-आक्साइड ( $\text{CO}_2$ ) से अभिक्रिया होने पर कैल्सियम कार्बोनेट ( $\text{CaCO}_3$ ) बनता है—



(iii) कैल्सियम कार्बोनेट ( $\text{CaCO}_3$ ) की कार्बन डाई-आक्साइड तथा जल से अभिक्रिया होने पर कैल्सियम वाईकार्बोनेट— $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  बनता है—



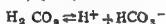
(iv) कार्बन डाई-आक्साइड ( $\text{CO}_2$ ) की अनुपस्थिति में कैल्सियम कार्बोनेट का जल में सीमित मात्रा में विघटन (dissociation) होता है—



(v) कार्बन डाई-आक्साइड ( $\text{CO}_2$ ) जब जल में घुलती (dissolve) है तो कार्बोनिक एसिड ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) बनता है—



(vi) कार्बोनिक एसिड का धनात्मक हाइड्रोजन आयन तथा ऋणात्मक वाईकार्बोनेट आयन में विघटन (dissociation) होता है—



स्मरणीय है कि समीकरण iv से vi तक की अभिक्रिया उत्क्रमणीय (reversible reaction) होती है। जल में कार्बन डाई-आक्साइड की कुल घुलने वाली मात्रा (जो घुलने पर कार्बोनिक एसिड बनती है तथा पुन वाईकार्बोनेट में विघटित होती है) वायुमण्डल में स्थित कार्बन डाई-आक्साइड के आंशिक दाब (Partial pressure) तथा तापमान पर निर्भर करती है। कार्बन डाई-आक्साइड की घुलनशीलता दाब से सीधे रूप में तथा तापमान से विलोम रूप में सम्बन्धित होती है। अर्थात् यदि दाब अधिक होगा एवं तापमान कम होगा तो घुलनशीलता बढ़ेगी जबकि दाब कम होने एवं तापमान अधिक होने पर घुलनशीलता घटती है। इसके विपरीत ठोस की घुलनशीलता तापमान से सीधे रूप में सम्बन्धित होती है। अर्थात् तापमान बढ़ने पर घुलनशीलता बढ़ती है तथा तापमान कम होने पर घटती है।

ट्राम्बे (Trombe, 1952) ने चूना पत्थर ( $\text{CaCO}_3$ ) के घोलकरण की प्रक्रिया को ग्राफ के माध्यम से (जिसे ट्राम्बे वक्र—curve कहते हैं) स्पष्ट करने

का प्रयास किया है। इस ग्राफ में निश्चित तापमान पर pH तथा कैल्सियम कार्बोनेट (मिलीग्राम प्रतिलीटर या ppm = part per million) के आधार पर वक्र रेखाएँ खींची जाती हैं (चित्र 284, पृष्ठ 551)।

ट्राम्बे वक्र के अनुसार यदि किसी प्रदेश की शैल के pH तथा चूनापत्थर की मात्रा के संगत मूल्य (corresponding values) के बिन्दु उस प्रदेश के तापमान वक्र पर पड़ते हैं तो कैल्सियम कार्बोनेट का जल में घोल संतृप्त होता है, अगर ये बिन्दु वक्र के ऊपर पड़ते हैं तो घोल अतिसंतृप्त (Oversaturated) होता है तथा जब बिन्दु वक्र के नीचे पड़ते हैं तो घोल (चित्र 284 में C) अवसंतृप्त (undersaturated) या आक्रामक (aggressive) होता है। इस तरह अतिसंतृप्त की दशा में कैल्सियम कार्बोनेट का अवक्षेप (जमना) होता है, अवसंतृप्त की दशा में कैल्सियम कार्बोनेट का घुलन बढ़ता है तथा संतृप्तावस्था में न तो अवक्षेप होता है और न ही आगे घोलकरण होता है।

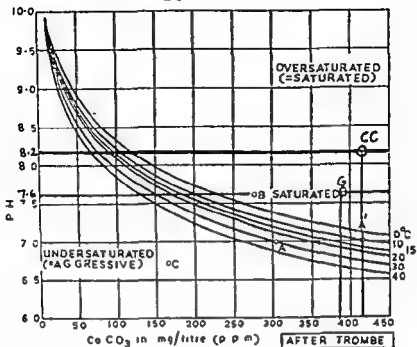
बोग्ली (1960) ने कार्बोनेट स्थलाकृतियों के निर्माण के लिए समस्त रासायनिक क्रियाओं को चार प्रावस्थाओं में विभक्त किया है (चित्र 284 का निचला भाग)।

**प्रथम प्रावस्था**—जब घोलक/विलायक (solvent) जल शुद्ध होता है तो चूना पत्थर का बहुत ही कम विघटन (dissociation) होता है। यद्यपि इस प्रावस्था में जो भी घुलन/विलयन होता है, वह तीव्र गति से होता है परन्तु विलयन की कुल मात्रा नगण्य होती है (चित्र 284)।

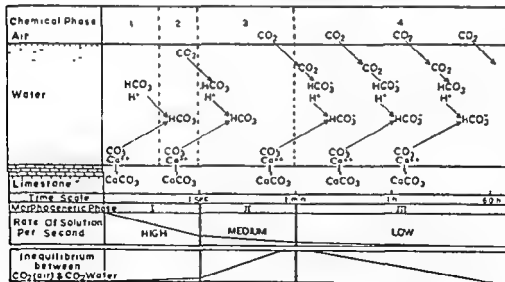
**द्वितीय प्रावस्था**—इस प्रावस्था में चूनापत्थर का कैल्सियम आयन ( $\text{Ca}^{++}$ ) तथा कार्बोनेट आयन ( $\text{CO}_3^{--}$ ) में कार्बोनिक एसिड का हाइड्रोजन आयन एवं वाईकार्बोनेट आयन में विघटन (dissociation) होता है (चित्र 284)। इस प्रावस्था में विलयन यद्यपि तेज होता है (प्रथम प्रावस्था से भिन्न) परन्तु विलयन की कुल मात्रा कम होती है।

**तृतीय प्रावस्था**—इसमें भौतिक रूप से विलयित (physically dissolved) कार्बन डाई-आक्साइड का कुछ भाग आयोनाइज्ड कार्बोनिक एसिड में बदल जाता है जो अभिक्रिया (reaction) के बाद वाई कार्बोनेट आयन बनाता है जबकि रासायनिक रूप से विलयित (chemically dissolved) कार्बन डाई-आक्साइड हाइड्रोजन आयन तथा कार्बोनेट आयन के साथ होने

## EQUILIBRIUM CURVE FOR CALCIUM CARBONATE SOLUTION



## LIMESTONE SOLUTION GENERAL SCHEME



AFTER BOGLI

चित्र 284—ऊपर—द्वान्ने द्वारा प्रस्तुत ईन्निबम कार्बोनेट के घोल का समतुल्य वक्र (Equilibrium curve) । नीचे—बोस्ली द्वारा प्रस्तुत पुरा पत्थर के घोल की सामान्य प्रक्रिया ।

पर वाई कार्बोनेट आयन में बदल जाती है। इस तरह विलयन की दर प्रथम तथा द्वितीय प्रावस्थाओं से कम होती है।

**चतुर्थ प्रावस्था**—जब कुछ कार्बन डाई-आक्साइड भौतिक रूप से विलयित होने पर आयोनाइज्ड कार्बोनिंक एसिड में रूपांतरित होती है तो तरल अवस्था में विलयित कार्बन डाई आक्साइड तथा वायुमण्डल में वर्तमान कार्बन डाई आक्साइड में असंतुलन (disequilibrium) हो जाता है। इसमें सतह को स्थिति तब आती है जबकि वायुमण्डलीय कार्बन डाई आक्साइड का जल में विसरण (diffusion) हो जाता है परन्तु इसमें समय लगता है क्योंकि इस प्रक्रिया का कार्यान्वयन प्रथम तीन प्रावस्थाओं के द्वारा भूखत्ता अभिक्रिया (chain reaction) होने से होता है। विलयन की दर यद्यपि अत्यन्त मन्द होती है परन्तु चूनापत्थर का अधिकाधिक विलयन होता है।

उपर्युक्त आधारों पर क्रोम्ली ने, चूना पत्थर के विलयन की तीन आकारजनक प्रावस्थाओं (morphogenetic phases) में विभक्त किया है—

**प्रथम आकारजनक प्रावस्था**—इसमें विलयन की दर अत्यन्त तेज होती है यद्यपि विलयन की कुछ मात्रा नगण्य होती है। चित्र 284 की रासायनिक क्रिया की प्रथम तथा द्वितीय प्रावस्थाएँ इसके अन्तर्गत आती हैं।

**द्वितीय आकारजनक प्रावस्था**—यह प्रावस्था रासायनिक प्रावस्था तीन (चित्र 284) को प्रदर्शित करती है जिसमें विलयन दर मध्यम होती है। अभिक्रिया एक मिनट में पूर्ण हो जाती है।

**तृतीय आकारजनक प्रावस्था**—रासायनिक प्रावस्था चार को प्रदर्शित करती है। विलयन दर अत्यन्त मन्द होती है। अभिक्रिया 60 घण्टे में पूर्ण होती है।

**(ब) जलगति क्रिया (Hydraulic Action)**—जलगति क्रिया के अन्तर्गत भूमिगत जल बिना किसी अन्य साधन के जलमर (Aquifers) में प्रवाहित होते समय चट्टानों के ढोले पदार्थों को अपने साथ बाहर ले जाता है। जहाँ पर भूमिगत जल का प्रवाह अधिक सधियों वाली चट्टानों से होकर होता है, वहाँ पर यह जल आसानी से ढोले पदार्थों को धुलन (Washing) द्वारा अलग कर लेता है तथा उन अपने साथ बहा लेता है। यदि सरल चट्टानों में भूमिगत जल की मात्रा बहुत अधिक होती है तो सधियों के सहारे चट्टानों के बड़े-बड़े टुकड़े टूटकर जल के

साथ हो लेते हैं। यह स्मरणीय है कि जलगति क्रिया के अन्तर्गत अपरदन में केवल जल का ही योग रहता है, उनके साथ चलने वाले पदार्थों का नहीं। वास्तव में भूमिगत जल उछाल द्वारा किनारे वाली चट्टानों को घुलाता हुआ चलता है। चूँकि भूमिगत जल का वेग अत्यन्त धीमा होता है, अतः जलगति क्रिया भी अपरदन में अधिक कार्य नहीं कर पाती है क्योंकि जलगति क्रिया तीव्र वेग से बहते हुए जल के साथ ही अधिक सक्रिय होती है। नदी के बहते हुए जल द्वारा यह अपरदनात्मक रूप अधिक तीव्रता के साथ सम्पन्न होता है।

**(स) अपघर्षण (Corrasion or Abrasion)**—भूमिगत जल के साथ चलने वाले छोटे-छोटे टुकड़े, कंकड़-पत्थर आदि यांत्रिक अपरदन के महत्वपूर्ण यंत्र होते हैं। भूमिगत जल इन यंत्रों की सहायता से अपने प्रवाह के समय चट्टानों को रगड़ कर, घिस कर तथा घर्षण द्वारा अपरदन करता है, जिससे चट्टानों के मुलायम भाग अपरदित होकर भूमिगत जल के साथ हो लेते हैं। इस क्रिया के अन्तर्गत भूमिगत जल धरातल की निचली सतह में ऊपर नीचे तथा किनारों पर अपरदन करता है। जलगति क्रिया तथा अपघर्षण की क्रियाओं में अन्तर यह होता है कि प्रथम केवल जल द्वारा सम्पन्न होती है तथा दूसरी क्रिया जल के साथ मिले हुए कंकड़-पत्थर आदि पदार्थों से अपघर्षण द्वारा होती है। पुनः यह ध्यान में रखने योग्य बात है कि भूमिगत जल का वेग अत्यन्त मन्द होने के कारण अपघर्षण क्रिया नगण्य होती है। बिना तीव्र वेग के कंकड़-पत्थर वाले पदार्थ अपरदन करने के बजाय नीचे बैठ जाते हैं।

**(ब) रगड़ या सन्निघर्षण (Attrition)**—भूमिगत जल द्वारा सन्निघर्षण या रगड़ का कार्य सबसे कम महत्वपूर्ण होता है, क्योंकि मन्द वेग के कारण छोटे या बड़े कण शीघ्र ही नीचे बैठ जाते हैं।

भूमिगत जल के अपरदन के उपर्युक्त चार कार्यों में केवल धुलने की क्रिया तथा जलगति क्रिया (Hydraulic Action) ही अधिक महत्वपूर्ण होती है। इन दो क्रियाओं द्वारा चट्टानें अत्यन्त ढीली तथा वियोजित हो जाती हैं जिन्हें भूमिगत जल शीघ्र ही बहा लेता है। भूमिगत जल के अपरदनात्मक कार्य अलग-अलग नहीं बल्कि सम्मिलित रूप से सम्पन्न होते हैं। यद्यपि धुलन-क्रिया अत्यन्त मन्द गति में सम्पादित होती है, परन्तु एक लम्बे समय में सतह के नीचे अत्यन्त विचित्र तथा बृहद आकार वाले

स्थलरूपों का निर्माण हो जाता है। चूने की चट्टान वाले क्षेत्रों में यह रूप वर्णनीय होता है। अपरदन द्वारा निर्मित स्थलरूपों में घोलरंध (Sink holes), विलयन रंध (Swallow holes), डोलाइन (Doline), पोलिये (Polje), युवाला (Uvalas), लपीज (Lapies), कन्दरायें (Caves), प्राकृतिक पुल (Natural bridge) आदि प्रमुख हैं। अपरदनात्मक कन्दरायें अत्यन्त महत्वपूर्ण स्थलरूप होती हैं। समुक्त राज्य अमेरिका में केन्टुकी प्रान्त की मैमथ कन्दरा (Mammoth Cave) 48 किलोमीटर की लम्बाई में विस्तृत है। म्यू मैसिसोपी प्रान्त की कास्तंबाब कन्दरा 1219.2 मीटर लम्बी, 914 मीटर ऊँची तथा 190.5 मीटर चौड़ी है। द० प० बिहार के राहतास पठार की गुप्ताधाम कन्दरा 1500 मीटर लम्बी है। इन कन्दराओं के अन्दर भी अपरदन तथा निक्षेप द्वारा गोल स्थलरूपों का विकास होता है। इनका आगे उल्लेख किया जायगा।

**परिवहन कार्य (Transportational Work)—** भूमिगत जल का परिवहन कार्य सबसे कम महत्वपूर्ण होता है। वास्तव में भूमिगत जल द्वारा परिवहन होता ही नहीं। इसका प्रमुख कारण भूमिगत जल के वेग का अत्यन्त मन्द होना है। जैसे ही चट्टानों का अपरदन होता है, अपरदित पदार्थ नीचे बैठने लगते हैं। केवल महीन तथा बारीक कणों का ही परिवहन हो पाता है। परन्तु यह परिवहन भी अधिक दूरी तक नहीं होता है। छोटे-छोटे कुछ टुकड़े लुटकर घसटते हैं परन्तु इस परिवहन की गति अत्यन्त मन्द होती है। भूमिगत जल का परिवहन की असामर्थ्य के कारण ही इस अपरदन-कारक में कहकर चट्टानों को घोलने वाला ही कहना अधिक उचित होता है।

**निक्षेपात्मक कार्य (Depositional Work)—** अपरदनात्मक कार्य में घोलोत्पन्न के समान ही भूमिगत जल का निक्षेपात्मक कार्य अधिक महत्वपूर्ण होता है। घुलन क्रिया के कारण भूमिगत जल में कई प्रकार के रासायनिक घनिष्ठ पदार्थ मिल जाते हैं। इस तरह एक निश्चित सीमा के बाद भूमिगत जल अवसाद से परिपूर्ण हो जाता है तथा और अधिक पदार्थों को समाविष्ट करने की सामर्थ्य उसमें नहीं रह जाती है। परिणामस्वरूप अतिरिक्त पदार्थों का निक्षेप प्रारम्भ हो जाता है। ऊपर यह स्पष्ट किया जा चुका है कि भूमिगत जल का वेग अत्यन्त ही मन्द होता है। अतः जैसे ही अपरदन

होता है, बड़े-बड़े टुकड़े नीचे बैठने लगते हैं। इस तरह अपरदन तथा निक्षेप साथ-साथ चलते हैं। इसके अतिरिक्त घोल के रूप में मिला हुआ बारीक पदार्थ अन्य कई कारणों से निक्षेपित होने लगता है। भूमिगत जल के मार्ग में थोड़ा भी अवरोध आने पर उसका वेग स्थगित हो जाता है जिससे घुलित पदार्थ नीचे बैठने लगता है। 2. जब किसी कारण से भूमिगत जल का ताप बढ़ जाता है तो उसका कुछ जल भाप बन जाता है। इस कारण जल के कुल आयतन में कमी के कारण जल की घोलन-शक्ति कम हो जाती है। फलस्वरूप शेष जल समस्त घुले हुए पदार्थों को धारण नहीं कर सकता है। अतः अतिरिक्त पदार्थों नीचे बैठने लगता है। 3. उपर्युक्त स्थिति के विपरीत यदि भूमिगत जल का ताप कम हो जाता है तो उस जल की घोलन-शक्ति भी कम हो जाती है। परिणामस्वरूप पहले से घुले हुए पदार्थों का कुछ भाग निक्षेपित होने लगता है। 4. भूमिगत जल की घुलने की सामर्थ्य अधिक दबाव के कारण बढ़ जाती है, परन्तु जैसे ही दबाव कम होने लगता है, घुले हुए पदार्थों का निक्षेपण होने लगता है, योंकि दबाव में कमी के कारण घोलन शक्ति में भी कमी आ जाती है। 5. भूमिगत जल की घोलन सामर्थ्य बहुत कुछ कार्बन डाई-आक्साइड गैस की मात्रा पर आधारित होती है। इसकी बढ़ती हुई मात्रा के साथ घुलन क्रिया बढ़ती जाती है परन्तु जब किसी कारण से भूमिगत जल में इस गैस की कमी आ जाती है तो घुलन-सामर्थ्य में कमी के कारण निक्षेपण होना लगता है। 6. जब भूमिगत जल का मार्ग में शैवाल (Algae) आदि आ जाते हैं तो घुलित पदार्थों इसके साथ एक जाता है तथा नीचे बैठने लगता है। उपर्युक्त कारणों की व्याख्या के बाद यह निष्कर्ष निकलता है कि जल की घोलन-सामर्थ्य में कमी होने पर निक्षेपण होता है। जल की घोलन-सामर्थ्य में कमी, उपर्युक्त त्रिवरण के आधार पर ताप में कमी, वाष्पीकरण, दबाव में कमी कार्बन-डाई-आक्साइड गैस की मात्रा में कमी आदि कारणों से होती है। भूमिगत जल द्वारा पदार्थों का निक्षेपण कई रूपों में होता है। कन्दराओं के अन्तर्गत यह निक्षेप कन्दरा की छत तथा फर्न (Floor) दोनों पर होता है। कन्दराओं में निक्षेपण द्वारा निर्मित स्टैलेक्टाइट स्टैलगमाइट तथा कन्दरा-स्तम्भ आदि स्वरूप अधिक महत्वपूर्ण होते हैं। इनका उल्लेख आगे विषय रूप में किया जायगा।

### भूमिगत जल द्वारा उत्पन्न स्थलाकृति Topography produced by Under-ground Water)

भूमिगत जल का कार्य आर्द्र प्रदेशों में सर्वाधिक महत्वपूर्ण होता है। इसके अतिरिक्त अर्द्ध-शुष्क भागों में इसका कार्य कम महत्वपूर्ण नहीं होता है। वैसे भूमिगत जल का कार्य कोमल सरचना वाली कई प्रकार की चट्टानों वाले प्रदेशों में सम्पन्न होता है। परन्तु खड्डिया मिट्टी वाले भाग, डोमोमाइट तथा चूने के पत्थर वाले चट्टानी प्रदेशों में यह कार्य अधिक सक्रिय होता है। कहने का तात्पर्य यह कि जिन चट्टानों में घुलनशील पदार्थ अधिक होते हैं उन पर भूमिगत जल की क्रिया का प्रभाव सर्वाधिक होता है। धरातल की ऊपरी सतह तथा निचले भाग, दोनों पर ही भूमिगत जल का कार्य होता है, जिससे अपरदनात्मक एवं निक्षेपात्मक स्थलरूपों का विकास होता है। धरातल की ऊपरी सतह पर का कार्य भूमिगत जल का प्रारम्भिक कार्य होता है क्योंकि आकाशी जल (Meteoric water) सर्वप्रथम ऊपरी सतह पर मुराख तथा छिद्र बनाता है, तत्पश्चात् उन छिद्रों में होकर यह जल सतह के नीचे पहुँचता है। भूमिगत जल के कार्यों द्वारा कार्स्ट क्षेत्रों में उत्पन्न स्थलरूपों का यहाँ पर उल्लेख किया जायेगा। वास्तव में कार्स्ट क्षेत्र चूने की चट्टान से ही निर्मित होते हैं। युगोस्लाविया के कार्स्ट क्षेत्र में मिलने वाले चूने की पत्थर वाली चट्टानों पर निर्मित स्थलाकृति के आधार पर ही अन्य क्षेत्रों की चूने की चट्टान वाले स्थलरूप को कार्स्ट स्थलाकृति (Karst Topography) कहते हैं।

#### कार्स्ट स्थलाकृति (Karst Topography)

सामान्य परिचय—चूने के पत्थर वाली चट्टानों के क्षेत्र में भूमिगत जल के द्वारा सतह के ऊपर तथा नीचे विभिन्न प्रकार के स्थलरूपों का निर्माण धीरे धीरे होता है। ये स्थलरूप अन्य प्रकार की चट्टानों पर अपरदन के अन्य कारकों द्वारा उत्पन्न स्थलरूपों से सर्वथा भिन्न होते हैं। इस तरह लाइमस्टोन शैल पर निर्मित स्थलरूप को कार्स्ट स्थलाकृति कहा जाता है। कार्स्ट शब्द, युगोस्लाविया देश के पश्चिमी तट पर पूर्वी एड्रियाटिक सागर-तट के सहारे स्थित कार्स्ट प्रदेश से लिया गया है। यहाँ पर लाइमस्टोन शैल अत्यधिक वलित अवस्था में है। इस लाइमस्टोन वाले कार्स्ट प्रदेश की ऊपरी सतह पर जल ने धीरे धीरे तथा निचले भाग में भूमिगत जल ने

अपने अपरदनात्मक (मुख्य रूप से घुलन की क्रिया) तथा निक्षेपात्मक कार्य द्वारा विभिन्न प्रकार की स्थलाकृति का विकास कर रखा है। यह कार्स्ट प्रदेश लगभग 480 किलोमीटर की लम्बाई तथा 80 किलोमीटर की चौड़ाई में विस्तृत है। कार्स्ट प्रदेश सागर-तल से 2,600 मीटर की ऊँचाई पर स्थित है। सतह के ऊपर जल की घुलनक्रिया ने असंख्य रंध (Holes), बीहड़ खड्ड (Ravines), अचनलिकाओं (Gullies) तथा छोटी-छोटी घाटियों का निर्माण कर रखा है। इस कारण ऊपरी सतह इतनी ऊबड़-खाबड़ तथा असमान हो गई है कि उस पर नगे पाँव चलना निहायन कठिन कार्य हो जाता है। सतह के नीचे अनेक कन्दराओं तथा निक्षेपात्मक स्थलरूपों का विकास हो गया है। इस सतह से कार्स्ट प्रदेश में अन्य स्थलाकृतियों से विल्कुल अलग इस विचित्र स्थलाकृति को कार्स्ट स्थलाकृति की संज्ञा प्रदान की गई है। भूपटल के उन सभी भागों के लाइमस्टोन तथा डोलोमाइट क्षेत्रों में निर्मित स्थलाकृतियों को कार्स्ट स्थलाकृति कहा जाता है जिनमें युगोस्लाविया के कार्स्ट के (लगभग) समान स्थलरूप मिलते हैं। यद्यपि प्रत्येक देश के लाइमस्टोन या डोलोमाइट क्षेत्र में स्थलरूप सम्बन्धी कुछ विभिन्नताएँ अवश्य मिलती हैं, परन्तु कुछ ऐसी मूलभूत उभयनिष्ठ विशेषताएँ अवश्य होती हैं, जो प्रातः हर कार्स्ट-क्षेत्र में मिलती हैं। प्रत्येक देश के कार्स्ट क्षेत्र में विकसित स्थलरूपों का नामकरण प्रायः वहाँ की क्षेत्रीय भाषा के शब्दों में किया गया है परन्तु इसका यह तात्पर्य नहीं है कि ये स्थलरूप एक दूसरे से अलग होते हैं।

कार्स्ट-क्षेत्र का वितरण—कार्स्ट क्षेत्रों का विकास प्रायः उन क्षेत्रों में होता है, जहाँ पर सतह के नीचे (हल्के आवरण के ही नीचे) लाइमस्टोन चट्टान अधिक मोटी स्तरों के रूप में विद्यमान होती है। लाइमस्टोन के अलावा डोलोमाइट, डोलोमाइट लाइमस्टोन तथा चाक (खड्डिया) वाले क्षेत्रों में कार्स्ट स्थलाकृति का विकास होता है, परन्तु अधिक व्यवस्थित रूप में विकास नहीं हो पाता है। कार्स्ट के समान घुलन क्रिया द्वारा उत्पन्न कुछ स्थलरूपों का विकास जिप्सम तथा नमक शैल पर भी हो जाता है, परन्तु इन्हें कार्स्ट स्थलाकृति के अन्तर्गत नहीं रखा जा सकता है। यद्यपि लाइमस्टोन का वितरण भूपटल पर अत्यधिक विस्तृत रूप में पाया जाता है, परन्तु कार्स्ट स्थलाकृति का विकास कुछ सीमित

क्षेत्रों में ही हो पाया है। इसका कारण कार्टे के विकास के लिए लाइमस्टोन के अलावा अन्य आवश्यक परिस्थितियों का सुसंभन न होना है। यूरोपनाबिया के वास्तविक कार्टे प्रदेश के अलावा विश्व में कार्टे स्थलाकृति का विकास दक्षिणी फ्रांस के कासेन क्षेत्र, ग्रीस, स्पेनिश अण्डालूशिया, उत्तरी पोर्टो रिको, जमैका, पश्चिमी क्यूबा



चित्र 285—यूरोपनाबिया का कार्टे-क्षेत्र।

तथा मध्यराज्य अमेरिका के दक्षिणी इण्डियाना, पश्चिमी मध्य वेन्जुकी, बर्जीनिया टेनेसी तथा मध्यवर्ती फ्लोरिडा प्रान्तों में हुआ है। उपर्युक्त क्षेत्रों की प्रमुख कार्टे क्षेत्र कहते हैं, क्योंकि इन क्षेत्रों में कार्टे स्थलाकृति का पूर्णतया विकास हुआ। इनके अलावा कुछ ऐसे भी क्षेत्र हैं जहाँ पर कार्टे स्थलाकृति के मद्दह कुछ स्थलरूपों का विकास हुआ है। इन क्षेत्रों को गौण कार्टे क्षेत्र कहा जाता है। इनमें प्रमुख गौण कार्टे क्षेत्र हैं—मनुस्त राज्य अमेरिका के न्यूमेक्सिको का कान्नेबाद क्षेत्र इमनेन्ड का चार क्षेत्र फार्म के चार क्षेत्र, जूरा पर्वत के भाग आल्प्स तथा एपीनाइन्स पर्वतों के कुछ भाग आदि।

कार्टे स्थलाकृति के विकास के लिए आवश्यक दसार्थ—साधारण तौर पर निम्नलिखित दसार्थ कार्टे के लिए अधिक आवश्यक हैं।

(i) सर्वप्रथम कार्टे स्थलाकृति के आविर्भाव के लिए विस्तृत किन्तु शुद्ध लाइमस्टोन शैल होनी चाहिये। वास्तव में इस स्थलाकृति के लिए महत्त्व की नीचे पुलन गोल चट्टान होनी चाहिए जिसमें जल अपने रासायनिक कार्य द्वारा विभिन्न स्थलरूपों का विकास कर सके। लाइमस्टोन के अलावा शैलोमाइट शैल भी कुछ सीमा तक गठानक हो सकती है। लाइमस्टोन शैल ऊपर

महत्त्व की नीचे (करीब) ही रहनी चाहिये। अधिक गहराई पर होने से पुलन क्रिया अधिक सक्रिय नहीं हो पाती है। लाइमस्टोन शैल की परत या स्तर किसी भी रूप में हो सकते हैं। उदाहरण के रूप में यूरोपनाबिया के कार्टे क्षेत्र की शैल अत्यधिक बलित अवस्था में मिलती है। दक्षिणी फ्रांस के कासेन क्षेत्र में इस शैल की परतें भ्रंशित हो गई हैं तथा यह क्षेत्र एक भ्रंशित पठार के रूप में है। भ्रंशित तथा बलित अवस्था के अलावा कहीं-कहीं पर लाइमस्टोन की परतें क्षैतिज अवस्था में भी मिलती हैं। उदाहरण के लिये संयुक्त राज्य अमेरिका के इण्डियाना, टेनेसी, वेन्जुकी और कान्नेबाद क्षेत्र में शैल की परत क्षैतिज अवस्था में मिलती है। मरचना सम्बन्धी सर्वप्रथम आवश्यक दसा यह है कि कोमन शैल के हल्के आवरण के नीचे लाइमस्टोन शैल का विस्तार अधिक मोटाई में होना चाहिये।

(ii) पुलनशील चट्टान में मण्डियों का विकास अच्छी तरह होना चाहिये। इस कारण जल शैल की मण्डियों तथा छिद्रों में होकर चट्टानों की मोक्ष पुलन लग जाता है। चट्टानों की पारगम्यता उन्नीसोंमा तक अनुकूल मानी जाती है जब तक कि जल उनकी मण्डियों में अधिक मात्रा में समाविष्ट हो पाय परन्तु जल का सामूहिक स्थानांतरण न हो सके। यदि शैल अधिक पारगम्य होती है तो जल मोक्षता में उन्ने पार करके नीचे आधार में पहुँच जाता है। इस स्थिति में चट्टानों में पुलन-क्रिया ठीक ढंग से नहीं हो पाती है।

(iii) कार्टे क्षेत्र में विस्तृत तथा गहरी घाटियाँ होनी चाहिये तथा उनके समीप कम उच्च स्थल स्थित हो जिससे ऊपर से जल की अधिक विस्तृत रूप में लाइमस्टोन शैल की स्थिति हो। इस दशा में उच्च भाग की ऊपर से जल के जल रिसे कर लाइमस्टोन में पहुँचता है तथा वहाँ में नीचे उतर कर शैल के अनुसार नदी की घाटी में पहुँचने का प्रयास करता है। इस प्रक्रिया के दौरान जल रासायनिक कार्य द्वारा लाइमस्टोन शैल में पुलन प्रक्रिया के कारण तरह-तरह के छिद्रों तथा कन्दराओं का निर्माण करता है।

(iv) भूक्री कार्टे स्थलाकृति का निर्माण जल की रासायनिक क्रिया द्वारा होता है जो धीरे धीरे भूमिगत जल की धीरे धीरे प्रवाह से हो जाता है। भूमिगत जल की धीरे धीरे प्रवाह से ही जल द्वारा होता है। जल कार्टे क्षेत्र प्रवाह से ही जल प्रवाह में स्थित रहना चाहिये। माध्यम रूप से जान्य वर्ग कार्टे स्थला



कृति के विकास के लिए अधिक अनुकूल होती है। यदि भूपटल के समस्त कार्स्ट प्रदेशों का अवलोकन किया जाय तो अधिकांश कार्स्ट प्रदेश सामान्य वर्षा वाले क्षेत्रों में ही स्थित हैं।

### अपरवनात्मक स्वरूप (Erosional Landforms)

वास्तव में भूमिगत जल द्वारा लाइमस्टोन क्षेत्र में सतह के ऊपर तथा नीचे, दोनों स्थानों पर अनेक ऐसी छोटी-छोटी तथा गोण आकृतियाँ होती हैं कि उन्हें स्थल-रूप की संज्ञा प्रदान करना उचित नहीं लगता। कुछ आकृतियाँ तो ऐसी होती हैं कि उनका तोप या विलयन शीघ्र हो जाता है तथा आकृतियाँ निरन्तर परिवर्तनशील रहती हैं। इनके विपरीत कुछ आकृतियाँ ऐसी भी अवश्य होती हैं, जिनका क्षेत्रीय विस्तार तथा महत्त्व, दोनों होते हैं। इन्हे स्थलरूप के अन्तर्गत अवश्य रखा जा सकता है। कार्स्ट स्थलाकृति के निम्न स्थलरूप उल्लेखनीय हैं—

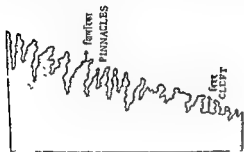
**लैपीज (Lapies)**—सर्वप्रथम जब जल रिस कर सतह के नीचे जाने का प्रयास करता है तो लाइमस्टोन शैल से ऊपर आवरण शैल (Rock mantle) पर घुलन-क्रिया द्वारा लाल तथा मृत्तिकायुक्त मिट्टियों के अवशेष छूट जाते हैं। इस तरह के अवशेष सतह पर तथा खुले हुए जोड़ों में एक जाते हैं। इन्हें टेरारोसा कहते हैं। इनकी स्थिति सामान्य ढाल वाले भाग पर होती है, परन्तु तीव्र ढाल वाले भाग पर नहीं होती है। कभी-कभी टेरारोसा पूर्णरूप से शैल के ऊपरी सतह को आच्छादित किये रहती है। यद्यपि टेरारोसा, लेटराइट मिट्टी से मिलती-जुलती है परन्तु इसे लेटराइट का एक अंग नहीं समझना चाहिये। जहाँ पर टेरारोसा का आवरण लाइमस्टोन की शैल पर नहीं होता है वहाँ पर चट्टान के नगण्य के कारण विरोधक अपरदन (Differential erosion) के फलस्वरूप ऊपरी सतह अत्यधिक ऊबड़-खाबड़ तथा असमान हो जाती है। इस तरह की स्थलाकृति को लैपीज कहते हैं।

सामान्य रूप में लैपीज की रचना अत्यधिक सरल होती है। लाइमस्टोन ही खुली सतह पर जल चट्टान की सघियों को अपनी घुलन-क्रिया द्वारा विस्तृत करने लगता है, जिस कारण छोटी-छोटी शिखरिकाओं (Ridges and pinacles) का निर्माण हो जाता है। इनकी दीवारें खड़ी होती हैं। इस तरह के खड़े किन्तु

पतले तथा नुकीले कटक स्तम्भ के रूप में एक दूसरे के समानान्तर होते हैं तथा एक-दूसरे से संकरे बिंदु (Cleft-द्वार) द्वारा अलग किये जाते हैं। इस तरह की आकृति को ही लैपीज कहा जाता है। लैपीज के कारण लाइमस्टोन क्षेत्र की ऊपरी सतह इतनी असमान हो जाती है कि उसे नंगे पाँव पार करना कठिन हो जाता है। विभिन्न कार्स्ट क्षेत्रों में लैपीज को अलग-अलग नामों से सम्बोधित किया जाता है। उदाहरण के लिए इंग्लैंड में इसे फिस्त, जर्मनी में फोरन, साइबेरिया में योगाज तथा डालमेशियन क्षेत्र में लैपीज कहते हैं। लैपीज के निर्माण के विषय में सर्वसम्मति नहीं है। कई विद्वानों ने लैपीज के उदाहरण अन्य प्रकार की चट्टानों से भी दिये हैं। सन् 1924 में स्विजिक महोदय<sup>1</sup> ने लैपीज के सम्बन्ध में बताया कि लैपीज का विकास मुख्य रूप से नंगी चट्टान (Bare rock) को ऊपरी सतह पर चट्टान के संगठन, कणों की बनावट, चट्टान की संरचना, सतह के ढाल तथा चट्टान की सतह या मिलने वाली वनस्पति के आवरण के अनुसार होता है। लैपीज का निर्माण क्षैतिज स्तरों वाली चट्टान पर नहीं होता है। इसके निर्माण के लिए सतह पर ढाल का होना आवश्यक है। यदि सतह समतल तथा क्षैतिज होती है तो उस पर लैपीज का निर्माण न होकर घोल रंध (Solution Holes) का निर्माण होता है। लैपीज का अर्थ विद्वानों ने विस्तृत रूप में लिया है तथा इनके अनुसार लैपीज का निर्माण कई तरह की चट्टानों की खुली सतह पर हो सकता है। पामर नामक विद्वान ने हवाईलैण्ड की बेसाल्ट चट्टान पर घोल द्वारा निर्मित छोटी-बड़ी नालियों (Groves & furrows) को भी लैपीज ही बताया है। स्मिथ तथा अन्विटन महोदयों ने संयुक्त राज्य अमेरिका के टेक्सास प्रान्त के सियरा ब्लैंका क्षेत्र में विभिन्न ढालों पर विकसित विभिन्न प्रकार के गर्त (Pits), फलक (Facet) तथा विस्तृत एवं गहरी नालियों (Furrows) को लैपीज बताया है। कुछ विद्वानों (डेनिस Danes, J. V. 1914 तथा जुदोव Zotov, V. D., 1941) ने तो नदी द्वारा अपरदन से लैपीज की उत्पत्ति की भी कल्पना की है। यहाँ पर उल्लेखनीय है कि सामान्य रूप में लैपीज के अर्थ को घीच कर बढ़ाने की आवश्यकता नहीं है। लैपीज निश्चय ही कार्स्ट स्थलाकृति का एक महत्वपूर्ण स्थलरूप है, जो कि घुलन की

विभिन्नता तथा चट्टान की सरचना की भिन्नता का परिणाम है।

कभी-कभी ऊपरी सतह से जल रिस कर लाइमस्टोन क्षेत्र में सतह के नीचे कई घोल रंध्रों (Solution holes) का निर्माण कर लेता है। जब ऊपरी सतह इन छिद्रों के ऊपर अधिक पतली हो जाती है तो नीचे से सहारा न मिलने के कारण नीचे ध्वस्त हो जाती है। इस कारण ऊपरी सतह अत्यन्त ऊबड़-खाबड़ तथा अतमान हो जाती है। इस तरह घुलन द्वारा ऊपरी तल के नीचे घँस जाने की क्रिया को विलयन अवतलन (Solution Subsidence) कहते हैं।



चित्र 286—लैपीज (Lapices)

**घोल रंध्र तथा उससे सम्बन्धित रूप (Solution holes and associated forms)**—चूने की चट्टान वाले प्रदेश में ऊपरी सतह पर जब वर्षा का जल जाता है तो कार्बन डाई-आक्साइड गैस के साथ मिलकर वह सक्रिय घोलक बन जाता है। चट्टान की सन्धियों में जल घुल कर उसके घुलनशील तत्वों को घुलाकर निकाल लेता है। इस घुलन क्रिया के कारण सन्धियों का विस्तार हो जाने से असह्य छिद्रों का विकास हो जाता है। छोटे-छोटे छिद्रों को घोल रंध्र (Sink holes) कहा जाता है। किसी भी विस्तृत कार्स्ट क्षेत्र में घोल रंध्र कई सौ से लेकर हजारों की संख्या में मिलते हैं। मैसाचुसेट्स के अनुसार दक्षिण इण्डियाना प्रान्त के कार्स्ट क्षेत्र में लगभग 3,00,000 की संख्या में घोल रंध्र मिलते हैं। वास्तव में घोल रंध्र चूने की चट्टान की ऊपरी सतह पर निर्मित गड्ढे होते हैं, जिनकी गहराई कुछ मीटर से लेकर 20 मीटर तक होती है। परन्तु सामान्य तौर पर इनकी गहराई 3 से 10 मीटर तक होती है। क्षेत्रफल कुछ वर्ग गज से लेकर कुछ एकड़ तक होता है। बाकार की दृष्टि से घोल रंध्र (sink holes) को दो वर्गों में

रखा जाता है—1. कोपाकार घोल रंध्र (Funnel shaped sink holes) तथा 2. बेलनाकार घोल रंध्र (Cylindrical sink holes)। घोल द्वारा जब छिद्रों का विस्तार होता है तो घोल रंध्र बाकार में अधिक बड़े हो जाते हैं। इस तरह के विस्तृत घोल रंध्र को विलयन छिद्र (swallow holes) कहते हैं। निर्माण की प्रक्रिया के आधार पर विलयन रंध्रों को दो वर्गों में रखा जाता है—1. घुलन-क्रिया के कारण विस्तृत रंध्र। इस प्रकार के छिद्रों के विकास तथा सम्बर्द्धन में चट्टान की भौतिक अव्यवस्था (Physical disturbance—चट्टान का ध्वस्त होना, मुड़ना, भ्रमित होना आदि) का हाथ कदापि नहीं होता है। घोलोकरण के पक्षस्वरूप इनका नीचे की ओर निरन्तर विकास होना जाता है। इस तरह के विलयन रंध्र को घोल द्वारा निर्मित छिद्र कहते हैं। जब इन छिद्रों का जलयधिक विस्तार हो जाता है तो उन्हें डोलाइन कहते हैं। युगोस्लाविया के बार्मेट क्षेत्र में इन विस्तृत छिद्रों को डोलाइन तथा सर्बिया (Serbia) में डोलिनास (Dolinas) कहते हैं।

2. ऊपरी सतह में नीचे रिक स्थान के कारण सतह के कुछ भाग के धँसने जाने या ध्वस्त हो जाने में निर्मित विलयन रंध्र को ध्वस्त रंध्र (Collapse Sinks) कहते हैं। इनका निर्माण ऊपरी सतह के अकस्मात् ध्वस्त हो जाने से होता है। इन ध्वस्त छिद्रों के किनारे खाँडे हुआ करते हैं।

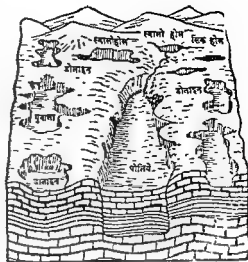
डोलाइन में कुछ भिन्न छिद्र भी होता है, जिसे घोल-पटल (Solution Pan) कहा जाता है। डोलाइन की अपेक्षा घोलपटल उथला (कम गहरा) परन्तु बाकार में अधिक विस्तृत होता है। समुपत राज्य अमेरिका के इण्डियाना प्रान्त के सास्ट नदी क्षेत्र (Lost River Region) का एक घोलपटल इतना अधिक विस्तृत है कि उसका क्षेत्रफल 30 एकड़ तक है। कभी-कभी मृत्तिका (Clay) द्वारा डोलाइन का निचला छिद्र बन्द हो जाता है, जिससे जल रिस कर नीचे नहीं जा पाता है। इस कारण डोलाइन में जल का संचयन हो जाने से छोटी-छोटी झीलें का निर्माण हो जाता है। इन झीलों को कार्स्ट झीलें की भाँति प्रदान की जाती हैं। कुछ समय बाद छिद्र को बन्द करने वाला पदार्थ टूट जाता है, जिस कारण झील का जल नीचे चला जाता है और झील नुप्त हो जाती है। समुपत राज्य अमेरिका के पनोरिडा प्रान्त की अलागुबा झील सन् 1871 ई० में एक डोलाइन के रूप में थी। उसी मास डोलाइन का निचला भाग मनवा

द्वारा बन्द हो गया जिस कारण डोलाइन में जल संचयन के कारण 12.8 किलोमीटर लम्बी और 6.4 किलोमीटर चौड़ी अलाशुआ झील का निर्माण हो गया। 20 वर्ष बाद निचले छिद्र को बन्द करने वाले मलबा का कटाव हो गया, जिससे वह कट गया। फलस्वरूप झील का समस्त जल नीचे चला गया तथा झील अब तक एक शुष्क डोलाइन के रूप में विद्यमान है। वर्षा के समय अधिकांश छिद्रों में इतना जल भर जाता है कि उनका नीचे की ओर प्रवाह नहीं हो पाता है। इस तरह असंख्य योसमी झीलों का निर्माण होता है। स्थलरूप की दृष्टि से ये महत्वहीन होती हैं।

**कास्ट खिड़की (Karst Window)**—जब डोलाइन या विलयन रश्मि के ऊपरी सतह के ध्वस्त हो जाने से बृहद् छिद्र का निर्माण होता है तथा जब उसका ऊपरी भाग खुला होता है तो उसे कास्ट खिड़की कहते हैं, क्योंकि इससे द्वाार भूमिगत जल प्रवाह तथा अन्य स्थान रूपों का अवलोकन किया जा सकता है। इन खिड़कियों का आकार छोटे रूप से बृहद् रूप तक होता है।

**युवाला (Uvalas)**—युवाला के लिए हिन्दी में प्रायः “सकुण्ड” शब्दावली का प्रयोग किया जाता है। युवाला का निर्माण कई रूपों में होता है। निरन्तर धोलीकरण के फलस्वरूप कई डोलाइन मिलकर एक बृहदाकार गर्त का निर्माण करते हैं। इस विस्तृत गर्त को युवाला कहा जाता है। इसका निर्माण ऊपरी छत के ध्वस्त हो जाने पर भी होता है। असंख्य घोल रश्मि भी विस्तार के कारण परस्पर मिलकर युवाला का निर्माण करते हैं। इन्हें संयुक्त या मिश्रित घोल रंघ (Compound sink holes) भी कहा जाता है। युवाला की व्यास एक किलोमीटर तक भी मिलती है। युवाला इतने विस्तृत होते हैं कि इनमें घरातलीय नदियाँ लुप्त हो जाती हैं, जिनसे उनकी घरातलीय घाटियाँ सूख जाती हैं। छोटे-छोटे युवाला को जामा (Jama) की सजा प्रदान की जाती है। जामा की गहराई 100 मीटर तक मिलती है। युवाला की दीवारें प्रायः खड़ी होती हैं, जो कि ऊपरी सतह से सलग्न होती हैं। युवाला की तली में प्रायः कृषि मिट्टी का निक्षेप मिलता है। परन्तु तली या फर्श समतल होता है।

**पोलिये (Polje)**—पोलिय को हिन्दी में “राजकुण्ड” के नाम से अभिहित किया जाता है। युवाला से अधिक विस्तृत गर्त को पोलिये कहते हैं। इनके निर्माण के विषय



चित्र 287—युवाला तथा पोलिये (Uvala and Polje)

में विद्वानों में मतभेद नहीं है। इसकी तली या फर्श समतल होती है तथा दीवारें खड़ी होती हैं। इसके निर्माण के विषय में ऐसा बताया जाता है कि लाइम-स्टोन शैल वाले क्षेत्र में नीचे की ओर भ्रंशित (Down aulted) तथा अव-वर्तित (Down Folded) भागों में घुलन-क्रिया द्वारा कुछ परिवर्तन हो जाने पर पोलियों का निर्माण हो जाता है। देखने में एक युवाला तथा पोलिये समान लगते हैं, परन्तु उत्पत्ति तथा आकार की दृष्टि से इनमें पर्याप्त अन्तर होता है। युवाला का क्षेत्र कुछ एकड़ तक ही होता है, परन्तु पोलिये का क्षेत्रफल कई वर्ग किलोमीटर तक होता है। पश्चिम बालकन क्षेत्र (यूरोप) का सर्वाधिक विस्तृत पोलिये “लिवनो पोलिये” (Livno Polje) है, जिसकी लम्बाई 40 मील (64 किलोमीटर) तथा चौड़ाई 3 से 7 मील (5 किलोमीटर से 11 किलोमीटर) तक है।

**कास्ट प्रदेश की घाटियाँ (Valleys of Karst Region)**—क्षैतिज स्तर वाले या झुके हुए स्तर वाले चूने के क्षेत्र में ऊपरी सतह पर निमित्त विभिन्न प्रकार के रश्मि या छिद्र वाले स्थलखण्ड को कास्ट मैदान (Karst plain) कहा जाता है। इस कास्ट मैदान पर घरातलीय प्रवाह-प्रणाली द्वारा नरह-तरह के गीण घाटियों तथा स्थलरूपों का विकास होता है। परन्तु इन सभी घाटियों का सम्बन्ध घोल रश्मि (Sink holes) या विलयन छिद्र (Swallow holes) से अवश्य होता है। इनमें से निम्न स्थलरूप अधिक महत्वपूर्ण होते हैं—

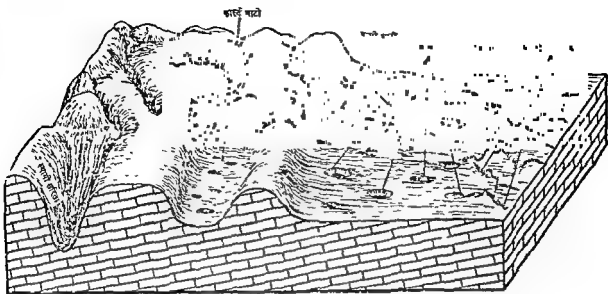
(अ) धँसती निवेशिका (Sinking Creek)—कार्स्ट मैदान की ऊपरी सतह पर इतने अधिक घोल छिद्र (Sink holes) होते हैं कि समूची सतह एक छलनी (Sieve) के समान दीखती है, जिसके घोल छिद्र कोष का कार्य करते हैं अर्थात् इन्हीं छिद्रों से होकर ऊपरी सतह की सरिताओं का जल नीचे जाकर भूमिगत जल का कार्य करता है। इस तरह कार्स्ट मैदान के छिद्रों का, भूमिगत जल तथा उसके द्वारा उत्पन्न स्थलरूपों के लिए अधिक महत्त्व है। यदि छोटी-छोटी सरिताओं का जन्म कार्स्ट मैदान के ऊपर ही होता है तो इन छिद्रों के कारण अधिक दूरी तक सतह के ऊपर प्रवाहित नहीं हो पाती हैं क्योंकि छिद्रों से होकर उनका जल सतह के नीचे चला जाता है। इसके विपरीत दूसरे भागों से निकल कर आने वाली कार्स्ट मैदान की बड़ी नदियाँ कुछ दूरी तक सतह पर अवश्य प्रवाहित होती हैं। इनके प्रवाह-भाग की लम्बाई छिद्रों में रिसने वाले जल तथा नदी के जल के अनुपात पर आधारित होती है। जब छिद्रों या विदरो से होकर नदी का जल नीचे चला जाता है तो उसे धँसती निवेशिका (sinking creek) कहते हैं तथा जिस बिन्दु पर जल नीचे प्रविष्ट होता है उसे सिंक (sink) कहते हैं। नदी का जल प्रायः विलयन छिद्र (swallow holes) में ही अदृश्य होता है तथा यह सिंक बिन्दु दिखाई पड़ता है। परन्तु, कुछ सरिताओं का जल उनकी तली में स्थित बाँप से होकर अदृश्य हो जाता है जिससे सिंक दिखाई नहीं पड़ता है। छोटी नदियों का जल एक ही विलयन छिद्र द्वारा अदृश्य हो सकता है जब कि लम्बी नदियों का जल कई विलयन छिद्रों से होकर नीचे प्रविष्ट होता है। इन धँसती निवेशिकाओं का अधिक महत्त्व इस बात में है कि उनके द्वारा सतह का जल सतह के नीचे पहुँच कर विभिन्न प्रकार की कन्दराओं का निर्माण करता है। धँसती निवेशिका का जल सतह के नीचे कुछ दूरी तक प्रवाहित होता है तथा कुछ दूरी के बाद पुनः प्रकट हो जाता है। संयुक्त राज्य अमेरिका के दक्षिण इण्डियाना प्रान्त की साट नदी सतह के नीचे 13 किलोमीटर की दूरी तक प्रवाहित होती है। ये महोदय के अनुसार रेका नदी (Trieste) सतह के नीचे 18 मील (21 किलोमीटर) की लम्बाई में प्रवाहित होती है।

(ब) अन्धो घाटी (Blind Valley)—जिन स्थान पर (सिंक-sink) नदी का जल सतह के नीचे चला जाता है, उसके आगे सतह पर नदी की घाटी शुष्क रहती है, क्योंकि इनका प्रयोग नदी अपना प्रवाह मार्ग

के लिये इसलिये नहीं करती है कि इसका जल सतह के नीचे प्रवाहित होने लगता है। अतः ऊपरी शुष्क भाग को नदी का शुष्क नदी तल (Dry river bed) कहते हैं। बाढ़ के समय में जब जल अधिक हो जाता है तथा जब विलयन छिद्र का समस्त जल सतह के नीचे पहुँचाने में समर्थ नहीं हो पाता है तो इस शुष्क तल पर अल्पकालिक प्रवाह होने लगता है अन्यथा, यह शुष्क ही रहता है। जब नदी एक विलयन छिद्र पर समाप्त हो जाती है तथा यह स्थिति जब एक लम्बे समय तक रहती है तो सिंक के ऊपर (अर्थात् सिंक बिन्दु से उद्गम की ओर) नदी अपनी घाटी को कार्स्ट मैदान में अधिक नीचा कर लेती है। इस अवस्था में नदी की घाटी का अन्त एक विलयन छिद्र पर समाप्त हो जाता है। इस घाटी को अन्धो घाटी (Blind valley) कहते हैं। दूसरे शब्दों में अन्धो घाटी उस घाटी को कहते हैं जिसका जल विलयन छिद्र (Swallow hole) में समाप्त हो जाता है तथा घाटी शुष्क नजर आती है। अधिक जलपूरित के समय जब विलयन छिद्र समस्त पानी का समाधिष्ठ नहीं कर पाते हैं तो अन्धो घाटी में थोड़े समय तक जल भर जाने के कारण अल्पकालिक क्षील का निर्माण हो जाता है। इन ज़ीरो का जीवन-काल कुछ दिनों से कई हफ्ते तक होता है। कुछ लोगो के अनुसार अन्धो घाटी का निर्माण पोलिजे की तली पर होता है।

(ग) कार्स्ट घाटी (Karst Valley)—अधिक वर्षा के समय पृष्ठीय नदियाँ (Surface streams) कुछ दूरी तक प्रवाहित होती हैं तथा अपनी चौड़ी तथा U आकार की घाटी का निर्माण कर लेती हैं। इन घाटियों को घोल घाटी (Solution valley) या कार्स्ट घाटी कहते हैं। इनका रूप अस्थायी होता है क्योंकि जैसे ही जल का आयतन कम हो जाता है घोल जल का विलयन रद्द हो जाता है।

अपरवर्तन अवशेष (Erosional Remnants)—कार्स्ट क्षेत्र में अधिक घोल द्वारा पून की चट्टान का विनाश के समय अधिकांश भाग नष्ट जाता है परन्तु कुछ भाग अवशिष्ट रह जाता है। ये सामान्यतः दो प्रकार के ऊपर उठे रहते हैं। ये उठे भाग अवशिष्ट पहाड़ी या टील (Residual hills or mounds) के रूप में होते हैं। इनकी समता सतह पर नदी द्वारा उत्पन्न मोतारनाक की जा सकती है। गुमास्तारिया के कार्स्ट-क्षेत्र में पॉलिज का पर्वत पर इन तरह के अवशिष्ट भाग का हस्त था



चित्र 288—कास्ट मैदान पर विलयन रघ (Sink holes), धोल रघ, युवाता, घँसती निवेशिका (Sinking Creek), जन्धी घाटी (Blind Valley) तथा कास्ट घाटी (Karst Valley) का विकास ।

चूर्णकूट (Huma) कहते हैं। पोर्टीरिको में इसे पेपिनो पहाड़ी (Pepino hills), क्यूबा में 'Mogotes' तथा फ्रांस में Buttes termoinies कहते हैं।

**कन्दरा या गुफा (Caves or Caverns)**—भूमिगत जल के अपरदन द्वारा निर्मित कन्दरायें कास्ट प्रदेश की सर्वाधिक महत्वपूर्ण स्थलाकृति होती हैं। कन्दरायें ऊपरी सतह के नीचे एक रिक्त स्थान के रूप में होते हैं जिनकी रचना भूमिगत जल की घुलन-क्रिया तथा अपघर्षण (Solution and corrasion) द्वारा होती है। इनका रूप तथा आकार भिन्न-भिन्न होता है। छोटे आकार से लेकर ब्रह्माकार वाली कन्दरायें देखने को मिलती हैं। कुछ कन्दरायें कई वर्ग किलोमीटर के क्षेत्रफल में फैली होती हैं। वास्तव में ऊपरी सतह के नीचे खोखला स्थान ही कन्दरा होता है। यह आवश्यक नहीं है कि कन्दराओं के अन्दर जल-प्रवाह हो। अनेक शुष्क कन्दराओं के उदाहरण भी मिले हैं। कन्दराओं का निर्माण लाइमस्टोन के अलावा अन्य चट्टानों में भी होता है। उदाहरण के लिए सतह के नीचे लावा-कन्दरा, तट के पास सागरीय लहरों द्वारा उत्पन्न कन्दरा तथा बानुका परवर की चट्टान में अपक्षय द्वारा सन्धियों के

विस्तार से निर्मित कन्दरायें। परन्तु यहाँ पर कन्दरा का तात्पर्य एकमात्र कास्ट प्रदेश के चूने की चट्टान से निर्मित कन्दरा से ही है। अत्यधिक विस्तृत कन्दरायें निश्चय ही शुद्ध तथाईमोटी परतों वाले चूने की चट्टान के क्षेत्रों में निर्मित होती हैं। इस तरह चूने के पत्थर की घुलनशीलता ही कास्ट प्रदेशों में कन्दराओं के निर्माण का मूल कारण है।

**कन्दराओं का वितरण**—चूँकि चूने के पत्थर का वितरण भूपटल पर अत्यधिक विस्तृत है, अतः इन कन्दराओं का वितरण भी अत्यधिक विस्तृत है परन्तु स्थानाभाव के कारण केवल उन्हीं क्षेत्रों का संक्षिप्त विवरण उपस्थित किया जायेगा जहाँ पर कन्दराओं का निर्माण बड़े पैमाने पर हुआ है। 1. युगोस्लाविया कास्ट प्रदेश इस दृष्टि से सर्वाधिक महत्वपूर्ण है। ट्रिस्टो (Trieste) से माप्टेनेग्रो (Montenegro) तक 480 किलोमीटर की लम्बाई तथा 80 किलोमीटर की चौड़ाई में कास्ट जिले में कन्दराओं की सख्या अनेक है। 2. दक्षिणी फ्रांस का कामेस (Causse) क्षेत्र। 3. संयुक्त राज्य अमेरिका—दक्षिणी इण्डियाना, केन्टुकी, वर्जीनिया, फ्लोरिडा, यूकाटन आदि क्षेत्र; विश्व की अत्यधिक

विन्मृत बन्दगाओ में कार्ल्सबाद (Carlsbad) तथा मैमथ (Mammoth) का नाम लिया जा सकता है। मृत्युक्त राज्य अमेरिका के न्यूमेक्सिको प्रान्त में 300 फीट मोटी परत वाले लाइमस्टोन क्षेत्र में कार्ल्सबाद कन्दरा का निर्माण हुआ है। वर्तमान घरातल की गतह न 300 फीट की गहराई तक विन्मृत कार्ल्सबाद कन्दरा 1219 फीट लम्बी तथा 190.5 फीट चौड़ी है। इस कन्दरा के अन्तर्गत कई कक्ष (Chambers) मिलते हैं, जिनमें छतों की ऊँचाई 83.3 फीट तक है। मध्य बड़ा कक्ष बिग रूम (Big Room) के नाम से विख्यात है। यह कक्ष प्राचीन मीन (0.8 मिमीमीटर) लम्बा तथा 66.6 फीट चौड़ा है। केन्टुकी प्रान्त की भूमय बन्दरा 48.2 किमीमीटर लम्बी है। इसका निर्माण कई कन्दराओं के सम्मिलन से हुआ है। कन्दराओं के बंधों में होकर भूमिगत जल का प्रवाह होता है परन्तु यह सदैव आवश्यक नहीं है। भारत में द० प० बिहार के रोहतास पठार, मध्य प्रदेश के बस्तर जिले उत्तर प्रदेश में देहादून आदि में चूना पत्थर में निर्मित कन्दरायें मिलती हैं।

**कन्दराओं की उत्पत्ति (Formation of Caves)—**कार्टेड प्रवेश के स्थलरूपों में बन्दरा का निर्माण सबसे अधिक विवादग्रस्त है। यही कारण है कि इस समस्या का लेकर परस्पर विरोधी मतों का प्रतिपादन किण गया है। कन्दरा के निर्माण के विषय में घुलन-क्रिया (Solution) तथा सन्निषर्षण-क्रिया (Corrosion) तथा भौमजलस्तर (Water table) का आधार मानकर कई मतों का प्रचलन किया गया है। कुछ विद्वान बन्दरा के निर्माण में सर्वाधिक महत्त्व सन्निषर्षण क्रिया को देते हैं जब कि विद्वानों का दूसरा वर्ग घुलन-क्रिया का ही बन्दरा के निर्माण का प्रमुख कारण बताता है। कुछ विद्वानों के अनुसार कन्दरा का निर्माण भौमजलस्तर के ऊपर होता है तथा अन्य विद्वानों ने इनमें प्रमुख है—रेडिक्स ग्रीहो-दय) कन्दरा का निर्माण भौमजलस्तर के नीचे भी बताया है। निम्न पद्धतियों में कन्दरा निर्माण की कुछ परिकल्पनाओं (Hypotheses) तथा सिद्धान्तों का संक्षिप्त विवरण उपस्थित किया जा रहा है। भूनाशप्रस के कारण प्रमुख सिद्धान्तों का संक्षिप्त सामान्य उल्लेख ही सम्भव हो सकगा। उनका जालोचनात्मक विवरण उपस्थित करना विषय की दुरुह ही बनायेगा। कन्दरा निर्माण में सम्बन्धित सिद्धान्तों की व्याख्या के पठेकास्टे प्रदेश में भौमजलस्तर का स्पष्टीकरण आवश्यक है।

वर्षाक कन्दरा निर्माण में सम्बन्धित विचारों में विभिन्नता उसी भौमजलस्तर को लेकर ही है। कुछ विद्वानों के अनुसार लाइमस्टोन क्षेत्र में जग्य भागों के समान कोई भी गुनिश्चित भौमजलस्तर नहीं होता है, अर्थात् कोई एनी निश्चिन्त रेखा नहीं होती है जो कि सतृप्त (Saturated) तथा असतृप्त (Non-saturated) मडला को अलग कर सके। भूमिगत जल चट्टान के छिद्रों, सन्धियों तथा नस्तरप-तल (Bedding planes) में हो रहता है न कि सामूहिक रूप में। इस विचारधारा के विपरीत अधिकांश विद्वानों का (जो कि कन्दरा निर्माण की समस्या में सम्बन्धित हैं) मत है कि लाइमस्टोन क्षेत्र में ही स्थायी तथा गुनिश्चित भौमजलस्तर अवश्य होता है। कुछ विद्वानों का कहना है कि घुलन क्रिया इस भौमजलस्तर के ऊपर ही होती है, जबकि दूसरा वर्ग भौमजलस्तर के नीचे भी घुलन-क्रिया को मानता है। भीये कुछ सिद्धान्तों की व्याख्या दी जा रही है—

#### (1) अपघर्षण सिद्धान्त (Corrosion Theory)—

सन् 1910 ई० में एम्मे जो कुछ भी विवरण कन्दरा के निर्माण के विषय में उपस्थित किये गये थे उनमें अपघर्षण का ही अधिक महत्त्व प्रदान किया गया है। इस विचारधारा को पुनर्नी विचारधारा भी कहा जाता है। इसके अनुसार कन्दरा का निर्माण भूमिगत जल द्वारा अपघर्षण के कारण भौमजलस्तर के ऊपर ही होता है। मनुष्य का जल गतह के नीचे परिवर्तित होकर ही अपने अपघर्षण द्वारा कन्दरा निर्माण में सहायता करता है। यद्यपि यह इन भौमजलस्तर के नीचे भी प्रवाहित होता है परन्तु इसका कन्दरा निर्माण में कोई सम्बन्ध नहीं होता है। मनुष्य का जल चट्टानों की सन्धियों में प्रविष्ट होकर अपघर्षण द्वारा उन विन्मृत करना है तथा धीरे धीरे कन्दरा का निर्माण प्रारम्भ हो जाता है। कन्दरा का आकार तथा विस्तार चट्टान की सन्धियों द्वारा निर्दिष्ट होता है। इसी सिद्धान्त के समर्थकों में प्रमुख हैं सारोष्ट पर्वतों, मातल, बेलर तथा मेलाट आदि। इस सिद्धान्त के समर्थकों ने अपघर्षण द्वारा निर्मित कन्दराओं में अपघर्षण के अनेक मध्यम बताये हैं—कन्दराओं में मृत्तिका (Clay), गिट (Silt) तथा उबरी (Gravel) की उपस्थिति इस तथ्य को प्रमाणित करती है कि ऊपरी सतह का जल अब विलयन छिद्र (Swallow holes) में होकर नीचे पड़ता है तो अपने साथ ऊपर से लाया हुआ दूध-पानी द्वारा

चट्टान के छिद्रों को अपघर्षण द्वारा काट-पीट कर विस्तृत करता रहता है। इस तरह अनेक विस्तृत छिद्र मिलकर एक विस्तृत खोखले स्थान का निर्माण करते हैं जो कि कन्दरा का रूप ले लेता है। ऊपरी सतह में जल के साथ आयी हुई मृत्तिका, सिल्ट तथा बजरी का यत्र-तत्र निक्षेप हो जाता है। कन्दराओं की तली तथा किनारों पर जल के प्रवाह के कारण अपघर्षण (Corrasion) से उत्पन्न जलगतिका (Pot holes), छोटे-छोटे छिद्र तथा खरोच आदि यांत्रिक अपरदन (Mechanical erosion), को ही प्रमाणित करते हैं। इस सिद्धान्त की कटु आलोचना की गई है। पास कर डेविस महोदय ने इसे असंगत तथा वास्तविकता से दूर बताया है क्योंकि इस सिद्धान्त में अपघर्षण को आवश्यकता से अधिक महत्त्व प्रदान किया गया है।

(ii) डेविस का द्वि-चक्र सिद्धान्त (Two-Cycle Theory of Davis)—सन् 1930 में डेविस महोदय ने अपने 'Origin of Limestone Cavern' नामक पेपर में उपर्युक्त अपघर्षण सिद्धान्त की कटु आलोचना की है। उनके अनुसार कन्दराओं का निर्माण मुख्यरूप से घुलनक्रिया (Solution) द्वारा होता है, यद्यपि अपघर्षण शून्य नहीं होता है। डेविस के अनुसार कन्दरा का निर्माण दो अवस्थाओं में होता है जिस कारण उनके सिद्धान्त को 'द्वि-चक्र सिद्धान्त' की मंजा प्रदान की गई है। डेविस के अनुसार कन्दरा के निर्माण की प्रथम क्रिया भूमिजलस्तर के नीचे प्रारम्भ होती है। वहाँ पर जल चूने की चट्टानों को घुला कर पदार्थों को अपने साथ ले लेता है। प्रथम-वस्था में कन्दरा का निर्माण भूमिजल (Phreatic water) द्वारा घुलन-क्रिया के कारण होता है। इसके बाद द्वितीयवस्था का आगमन होता है जिसके अन्तर्गत भूमिजलस्तर नीचा हो जाता है जिस कारण कन्दरा का भूमि जल बह जाता है। फलस्वरूप कन्दरा में अधिभूमिजल (Vadose water) तथा वायु का प्रदेश हो जाता है। इस द्वितीय चक्र के सभ्य के साथ कन्दरा में निक्षेप तथा निक्षेपित स्थलरूपों का विकास होता है। ब्रेट्स महोदय (J H Bretz) ने डेविस के विचारों का अनुमोदन किया तथा समय समय 1938, 1942, 1949, 1953) से इस विचार का विस्तार भी किया। ब्रेट्स ने बताया है कि उत्थान तथा भूमिजलस्तर के नीचा होने से ही कन्दरायें भूमिजलस्तर के ऊपर मिलती

हैं परन्तु उनका निर्माण निश्चित रूप से भूमिजलस्तर के नीचे ही हुआ रहता है। मनीमेकर महोदय (B C. Moneymaker) ने 1941 ई० में बताया कि यद्यपि कन्दरा का निर्माण भूमिजलस्तर के नीचे ही प्रारम्भ होता है परन्तु उसका अधिकांश विस्तार तथा विकास भूमिजलस्तर के ऊपर होता है। कन्दराओं में प्रवाहित होने वाली सरितायें अपने साथ ऊपर से सिल्ट तथा मृत्तिका लाती हैं और वर्षा के समय विलयन छिद्रों (Swallow holes) से होकर टेरारोसा (Terarossa) भी कन्दरा में पहुँच जाती है।

(iii) स्विनर्टन का भूमिजलस्तर सिद्धान्त (Water Table Theory of Swinnerton)--यद्यपि स्विनर्टन (A. C. Swinnerton, 1929, 1932) का सिद्धान्त डेविस के सिद्धान्त में मिलाता है, परन्तु कुछ अन्तर के कारण इसका अलग उल्लेख आवश्यक है। इनके अनुसार कन्दरा का निर्माण में भूमिजलस्तर नियंत्रक उपादान (Controlling factor) का कार्य करता है। इन्होंने कन्दरा का निर्माण जल की घुलन-क्रिया द्वारा ही बताया है परन्तु कन्दरा का निर्माण भूमिजलस्तर के ऊपर ही होता है। भूमिजलस्तर के नीचे महत्त्वहीन कन्दरा का ही निर्माण हो सकता है। वर्षा का जल ऊपरी सतह से होकर चट्टानों की संधियों, छिद्रों आदि से होकर नीचे की ओर भूमिजलस्तर तक पहुँचता है। वहाँ पर पहुँच जाने पर यह जल भूमिजलस्तर के ऊपरी भाग पर क्षैतिज रूप (Laterally) में प्रवाहित होता है तथा चट्टानों को घुल-घुला कर कन्दरा की रचना करता है। वास्तव में यह सिद्धान्त पुरानी विचारधारा (अपघर्षण सिद्धान्त) में सजोघन मान्य है। अपघर्षण के स्थान पर घुलन क्रिया को महत्त्व दिया गया है।

(iv) गार्डनर का स्थैतिक जल-मण्डल सिद्धान्त (Static Water Zone Theory of Gardner)--सन् 1935 ई० में गार्डनर महोदय (J H. Gardner) ने अपने "स्थैतिक जल-मण्डल सिद्धान्त" का प्रतिपादन चूने की चट्टान वाले क्षेत्र में कन्दरा के निर्माण की समस्या के निम्न के लिए किया था। इन्होंने बताया कि षॉल-नति (Rock dip) भूमिजल (Ground water) के प्रवाह को नियंत्रित करता है। कन्दराओं का निर्माण मरूचनात्मक उत्थित भागों (Structural uplift) के

पाश्वर्क (Flanks) पर होता है। कन्दरा के निर्माण के विषय में फार्डनर ने दो अवस्थाओं का उल्लेख किया है— प्रथम अवस्था कन्दरा के निर्माण में पूर्व की अवस्था होती है। इस अवस्था में भूमि जल स्थिर या स्थैतिक रूप में रहता है। इसका प्रथम कारण यह है कि धरातलीय नदियों की घाटियाँ कटाव द्वारा इतनी गहरी नहीं हो पाती हैं कि स्थैतिक भूमि जल का बहाव सक। द्वितीय अवस्था में घाटियाँ गहरी हो जाती हैं। परिणामस्वरूप प्रथम स्थैतिक जलमण्डल की नदियाँ बहाव में होती हैं। अधिभूमि जल (Vadose Water) तथा आकासी जल (Meteoritic water) नीचे जाकर चट्टानों की दरिया तथा छिद्रों में घुलन क्रिया द्वारा बन्दग का निर्माण करने लगता है। पुनः मभीरी घाटी व गाँवाँ होने में निम्नवा स्थैतिक जल मण्डल की गह्रा किया जाता है तथा कुछ बन्दग का निर्माण हो जाता है। फार्डनर महोदय ने बताया है कि भूमिजलस्तर (Water Table) के नीचे कुछ घुलन क्रिया हो सकती है परन्तु कन्दरा के निर्माण में इसका कोई महत्व नहीं होता है।

(v) मैलाट का सिद्धान्त (Invasion Theory of Malott) संयुक्त राज्य अमेरिका के दृष्टिमान तथा कन्दुकी प्रान्तों में लाइमस्टोन क्षेत्रों में कन्दराओं के 25 वर्षों का अध्ययन के बाद मैलाट (C A Malott) महोदय ने सन् 1937 ई० में बताया कि अधिकांश जमीन बन्दगों का निर्माण मतलब के नीचे धरातलीय जलधारा के परिवर्तित होकर आने से होता है। अर्थात् यह मतलब की जलधारा मतलब के नीचे प्रवाहित होती है ता वह अपने भूमिगत मार्ग के साथ बन्दग का निर्माण करती है। मैलाट के अनुसार धरातलीय नदियाँ निश्चित स्थानों पर विलयन छिद्रों (Swallow holes) में होकर मतलब के नीचे चली जाती हैं तथा कुछ दूरी तक भूमिगत जलधारा के रूप में बह कर पुनः निश्चित स्थानों पर मतलब पर कार्स्ट स्रोत (Karst spring) जाद व रूप में प्रकट होती है। इस तरह धरातलीय नदियाँ व व भाग जो कि मतलब के नीचे भूमिगत मार्ग के रूप में जाते हैं अपने अपघर्षण (Corrasion) द्वारा बन्दग का निर्माण करते हैं अर्थात् मतलब की दरियावा की भूमिगत जलमार्ग (Subterranean or underground routes) कन्दराओं का निर्माण करता है न कि वह प्रत्यक्ष में निश्चित कन्दरा में होकर चलता है। वहीं पर डेक्स व रिचार्ज में मैलाट का विचार सर्वथा भिन्न है। इसमें महोदय के अनुसार कन्दरा का निर्माण भूमि जल-स्तर के नीचे घुलन-क्रिया

(Solution) द्वारा होता है। इसके बाद सतह का जल परिवर्तित होकर भूमिगत जल-धारा के रूप में इन कन्दराओं में होकर प्रवाहित होता है। मैलाट के अनुसार भूमिजल-स्तर के नीचे कुछ घुलन-क्रिया हो सकती है परन्तु इसमें बन्दग चट्टानों की संधियों तथा छिद्रों का ही विस्तार होता है। परन्तु कन्दरा का निर्माण भूमि-जल-स्तर पर या उसके समीप परिवर्तित धरातलीय जलधारा (Diverted surface stream—अर्थात् भूमिगत जलधारा) द्वारा इन संधियों के विस्तार तथा सम्मिलन में होता है। सन् 1952 ई० में मैलाट महोदय ने दक्षिणी दृष्टिमान की लास्ट नदी द्वारा निमित्त कन्दरा में अपने सिद्धान्त के पक्ष में प्रमाण के रूप में प्रस्तुत किया। इस नदी के तीन भाग हैं—ऊपरी निचल तथा ऊपरी भाग में यह नदी सतह के ऊपर प्रवाहित होती है, परन्तु मध्यवर्ती भाग में यह सतह के नीचे भूमिगत जलधारा के रूप में प्रवाहित होती है। इस भाग में नदी का ऊपरी भाग शुष्क तल (Dry bed) के रूप में है। इस मध्यवर्ती भाग में लाइमस्टोन की मोटी परत का विस्तार है जिस पर नदी का 22 मील लम्बा गुल्फ मैरर्स (Meanders) है। इस क्षेत्र में हजारों विलयन छिद्र तथा घोल छिद्र उपलब्ध हैं। नदी का जल गाँव विलयन छिद्रों में होकर मतलब के नीचे जाता है परन्तु बाढ़ के समय ही पानवें विलयन छिद्र तक जल (मतलब पर) पहुँच पाता है। अन्यथा नदी का जल प्रथम छिद्र या फिर पर निरोद्ध होता है तथा जल में पुनः मतलब पर प्रकट होता है।

(vi) कन्दरा निर्माण का सामान्य सिद्धान्त—उपर्वृत सिद्धान्तों की संधि व सादरा व परसात् यह स्पष्ट होता है कि भूमिजल-स्तर की तरफ कन्दरा निर्माण के विषय में अत्यन्त गंभीरता की गई है। कोई भी सिद्धान्त जो कि या तो तत्काल अपघर्षण की ही महत्व देता है या बल घुलन क्रिया से। सत्यता में दूर ही बहा जाता है। कन्दरा का निर्माण की श्राव्यता क्रिया घुलन-क्रिया द्वारा श्राव्यता होती है परन्तु बन्दग का निर्माण व विषय भूमिगत जल का अपघर्षण आवश्यक है। इस तरह कन्दरा का निर्माण में अपघर्षण तथा घुलन-क्रिया दोनों का महत्व होता है। विचारों में बचकर कन्दरा निर्माण की निम्न प्रक्रिया का उल्लेख किया जा सकता है—

कन्दरा का निर्माण उन भागों में ही सम्भव होता है जहाँ पर चूने की चट्टान की गहरी तथा मोटी परतों



का विस्तृत क्षेत्र में विस्तार होता है। इस तरह लाइमस्टोन की घुलनशीलता ही कन्दरा निर्माण का मूल कारण है। कन्दरा निर्माण के लिए लाइमस्टोन अधिक सघन तथा अपारगम्य (Impervious) होना चाहिए। लाइमस्टोन का सर्वप्रमुख तत्त्व कैल्शियम कार्बोनेट होता है। यह तत्त्व शुद्ध जल के लिये बहुत ही कम घुलनशील होता है। जल का संयोग जब कार्बन डाई-आक्साइड गैस में होता है तो वह जल लाइमस्टोन में क्रिया करके कैल्शियम वाई-कार्बोनेट<sup>1</sup> (Calcium-bicarbonate) उत्पन्न करता है। यह कैल्शियम वाई-कार्बोनेट कैल्शियम कार्बोनेट की अपेक्षा 30 गुना अधिक घुलनशील<sup>2</sup> होता है। इस तरह कार्बन डाई-आक्साइड गैस युक्त जल एक सक्रिय घोलक हो जाता है। यह जल जब सतह में रिस कर नीचे की ओर लाइमस्टोन में प्रवेश करता है तो यह कार्य दो रूपों में होता है—चट्टान के छिद्रों तथा मधियों से होकर और चट्टान के मन्दर-तल (Bedding planes) से होकर। प्रायः सभी लाइमस्टोन शैल की परतों में सधियाँ लम्बवत् रूप में मिलती हैं। जैसे ही जल नीचे प्रविष्ट होता है, घुलन-क्रिया द्वारा मधियों तथा छिद्रों का विस्तार होता है। इस तरह कई छिद्र बड़े होकर मिलते रहते हैं तथा बड़े छिद्र अर्थात् कन्दरा का निर्माण प्रारम्भ हो जाता है। इन छिद्रों का विस्तार नीचे की ओर तब तक चलता है जब तक भूमिजलस्तर का कोई अपारगम्य शैल-स्तर नीचे नहीं मिल जाता है। इस स्थिति में जल की गति नीचे न होकर भूमि जल तल के ऊपर क्षैतिज रूप (Lateral) में होती है, जिसमें कन्दरा का क्षैतिज विस्तार होता है। इस अवस्था तक कन्दरा विस्तृत हो जाती है तथा सतह का जल विलयन छिद्र से होकर इसमें प्रवेश करता है तथा अपने अपघर्षण द्वारा कन्दरा का विस्तार करता है। बिना कन्दराओं में जल का प्रवाह नहीं मिलता है, तो इसका तात्पर्य यह नहीं है कि उनका विस्तार अपघर्षण द्वारा नहीं हुआ है। यह होना स्वाभाविक है कि कन्दरा की

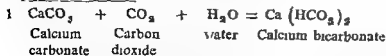
तली में छिद्र द्वारा जल नीचे चला जाय तथा कन्दरा जलरहित मुष्क हो जाय।



चित्र 289 —कन्दरा तथा पोनोर<sup>3</sup> (Caves and Ponor)।

### गुप्ताधाम कन्दरा का विशिष्ट अध्ययन

गुप्ताधाम कन्दरा की स्थिति रोहतास पठार पर दुर्गावती नदी तथा गोम्था/गुप्ता नाला के मध्य गुप्तेर पहाड़ी के नीचे है (देखिये अध्याय 20 का चित्र 252)। इस पहाड़ी के उत्तर में गोम्था नदी, पूर्व में मुगनी नाला तथा पश्चिम में मसपुरिया नाला (जिसके सामने कन्दरा का द्वार है) की स्थिति है। प्रमुख शैलिकी (lithology) विव्यव क्रम की (ऊपर में नीचे क्रम में) बालुका पत्थर, शैल, चूना पत्थर तथा शैल चट्टानों का है। गुप्तेर पहाड़ी के ऊपर (जो बालुका पत्थर की आवरण शैल से युक्त है) घोल रंध्रों (solution holes) का पूर्णतया अभाव है। कन्दरा का निर्माण रोहतास स्टेज के चूना पत्थर में हुआ जिसकी रचना इस प्रकार है— $\text{CaCO}_3 = 84\%$ ,  $\text{MgCO}_3 = 3\%$ ,  $\text{SO}_3 = 10\%$  तथा अन्य भौग सघटक भी मिलते हैं। औसत वार्षिक वर्षा 850 मिलीमीटर है जिसका 80% से अधिक भाग मानसून महीनों में प्राप्त होता है। कन्दरा की लम्बाई 1500 मीटर बतायी जाती है परन्तु इसका मात्र 500 मीटर तक ही अध्ययन किया जा सका है। यह कन्दरा



2. शुद्ध जल से, कार्बन डाई-आक्साइड गैस से युक्त जल में और घुलनशीलता होती है।

3. पोनोर, कूपक (नलिका) को कहते हैं, जो लम्बवत् या कुछ झुकी होती है। यह कन्दरा को विलयन छिद्र (Swallow holes) से या सीधे सतह से मिलाता है। पोनोर द्वारा कन्दरा को जल मिलता है। सर्बिया में इसे पोनोर तथा फ्रांस में अवेन्स (Avenis) कहते हैं।

गंतीर प्रकार की है। मसपुरवा नाला के पास कन्दरा के द्वार के चौड़ा (threshold) का तल उक्त नावे के तल में 4.5 मीटर ऊँचा है परन्तु कन्दरा के अन्दर जाते ही उससे फर्क का तल मुसपुरवा नाला की नली (bed) में मात्र 0.5 मीटर हो जाता है कन्दरा की दिशा का निर्धारण ट्रिगमेट्रिक कम्पस से किया गया है अतः यह चुम्बकीय उत्तर के मन्द में 3°।

कन्दरा द्वार में 6 मीटर अन्दर जाने पर दिशा उत्तरी-पूर्वी (70°) हो जाती है जबकि 11 मीटर (80°) तथा 21 मीटर (85°) पर यह प्रायः पूर्वी हो जाती है। 66 मीटर की दूरी पर दिशा पूर्ण-पूर्वी (90°) हो जाती है। 82 मीटर की दूरी पर दिशा पुनः उत्तरी-पूर्वी (65°) हो जाती है जहाँ से यह उत्तर की ओर मुड़ जाती है। द्वार में 82 मीटर की दूरी तक कन्दरा की फर्क अमान तथा उबड़-खाबड़ है। द्वार के पास चौड़ाई 2.1 मीटर है तथा आगे चलने पर चौड़ाई 1.0 मीटर में 6 मीटर के बीच बदलती रहती है। कहीं-कहीं पर यह इतनी संकरी हो जाती है कि पैदल कर ही आगे बढ़ा जा सकता है।

82 मीटर की दूरी पर कन्दरा कई शाखाओं में विभक्त हो जाती है तथा चौराहों का निर्माण हुआ है। मुख्य शाखा ६०° ००' (145°) की ओर मुड़ जाती है। इसी शाखा में आगे चलने पर इसकी चौड़ाई सर्वाधिक हो जाती है तथा यहाँ पर स्टैलेमाइट की शिखरिणी के रूप में पूजा की जाती है। कन्दरा चौराहा (Cave crossing) के आगे जाने पर कन्दरा की शाखातन्त्रिया कहते हैं। कन्दरा की अन्य शाखाओं (galleries) को कूज गली, धूम्रपोलि और मुग्हा (मुरग) कहा जाता है। जहाँ पर बीच स्टैलेमाइट की स्थिति है उस सचचाक्य कहते हैं। यहाँ पर कन्दरा चौड़ी हो गयी है। इसके आगे वाले भाग को घोखोरा कहते हैं। यह भाग चौड़ा तथा विशुद्ध है एवं कन्दरा की फर्क अमान है जिस पर अवरटन के कारण फोटी छोटो गड्ढे (pits) बन गयी है जो घोडे की गुर (hoofs) से निशान पंजी दी जाती है। कन्दरा चौड़ाई में उत्तर की ओर जाने वाली गैररी को तुलसी चौरा कहते हैं। इसे नाथ पर भी कहा जाता है।

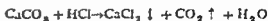
कन्दरा की आकारिकी

पुलाग्राम कन्दरा गैररी कैवने (gallened cavern) के रूप में है। इसे ऊबड़-खाबड़ (undulating) है। अस्वात के समय कहीं-कहीं पर घुटने तक पानी जमा रहता

हो जाता है। फर्क पर टैन्मियम कार्बोनेट ( $\text{CaCO}_3$ ) के जमाव के अन्वावा नाथ रंग की मिट्टी तथा मृत्तिका (clay) के जमाव भी मिलते हैं। ये पदार्थ कन्दरा के सबसे ऊपर स्थित लोहपुस्त वायुका पत्थर में रहते हैं जो द्वार के पास गये हैं। कन्दरा का आकार प्रायः मेहराब जैसा है जिसकी दोनों ओर अमान तथा नालीदार या लहरनुमा (corrugated) है जो जल के विलयन कार्य (solution work) के कारण निर्मित हुई है। फर्क पर विभिन्न आकार तथा ऊँचाई वाली स्टैलेमाइट (कुछ इंच से लेकर 12 फीट तक) का निर्माण हुआ है। छत से अवलोक्य मृत्तिका (needle) के आकार में लेकर 3 फीट की लम्बाई वाली स्टैलेमाइट लटकती हैं। कन्दरा चौड़ाई के पास 12 फीट की ऊँचाई वाली बृहदाकार स्टैलेमाइट का निर्माण हुआ है जो कि छत से लटकती स्टैलेमाइट का जंगल हो गयी है। निकट भविष्य में कन्दरा स्वयं के निर्मित हो जाने की सम्भावना है। फर्क के पास किनारे की दीवारों में तुलाकथ्य का मोटे स्तर प्रायः धार्मिक अवस्था में मिलने है जहाँ ऊपर भाग में यह स्तर मुड़ हुआ है।

कन्दरा की उत्पत्ति

कन्दरा की दीवार में लगभग नव धूम्र के समूहों का हाइड्रोक्लोरिक एसिड (HCl) रस्ट फलन का राश पता चला कि इसमें टैन्मियम कार्बोनेट ( $\text{CaCO}_3$ ) की मात्रा निश्चयन कम है तथा बीच आसपास की मात्रा अधिक है। इसका कारण यह है कि यहाँ पर कि मोरिफ शीत में कैल्शियम का अत्र घुलने का कारण अलग हो गया है। छत से लटकने वाली स्टैलेमाइट का संघुलन का HCl रस्ट का बाद ज्ञात हुआ कि यह गुड़ कैल्शियम कार्बोनेट ( $\text{CaCO}_3$ ) है जिसमें  $\text{CaO}$  की मात्रा 56% तथा  $\text{CO}_2$  की मात्रा 44% है। HCl रस्ट का समय निम्न ऊष्मा उन्मोचनी अभिक्रिया (exothermic) होती है—



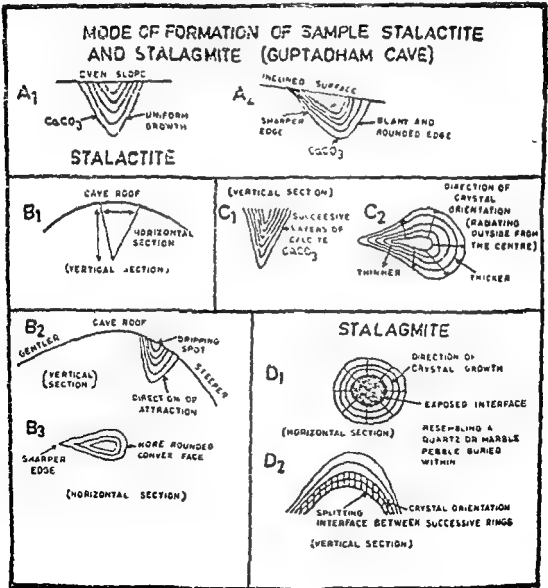
कैल्शियम का अस्वात निशित तथा विभिन्न तन्त्रों की अनुश्रुति की गिरी है। स्टैलेमाइट का HCl रस्ट के बाद ज्ञात हुआ कि यह भी स्टैलेमाइट का अमान हो गुड़ कैल्शियम कार्बोनेट ( $\text{CaO} = 56\%$ , तथा  $\text{CO}_2 = 44\%$ ) परन्तु घनित घटन (composition) में अस्वात अलग पाया गया। कन्दरा की छत में मिलने वाले कालावर्तित स्थितियों में पता चला कि यहाँ पर मास में पता चला कि इसमें  $\text{CaCO}_3$  419 ppm तथा pH

8.2 हे ज्वलित कर्म से लिये गये जल में  $\text{CaCO}_3$ , 390 ppm तथा pH, 7.6 है।

गुप्ताधाम कन्दरा का निर्माण वास्तविक कार्स्ट प्रदेशों की कन्दराओं के समान नहीं हुआ है क्योंकि इस कन्दरा के सबसे ऊपरी भाग पर बालुका पत्थर की मोटी परत का आवरण है जिस पर किसी भी तरह के सिक या विलयन रंध्य की पूर्ण अनुपस्थिति है। गुप्ताधाम पहाड़ी (जिसके नीचे कन्दरा निहित हुई है) के ऊपर कोई मण्डि भी नहीं है। पहाड़ी के ऊपरी भाग पर वर्षा के जल का कुछ भाग के बालुका पत्थर की सघियों के सहारे

रिसकर नीचे जाने तथा शैल की पतली परत को घुमाने के बाद नीचे स्थित चूना पत्थर की मोटी परत के घुलने के कारण इस कन्दरा का निर्माण हुआ है। यह प्रक्रिया अब भी जारी है जिस कारण कन्दरा का निरन्तर विस्तार हो रहा है। ऊपर स्थित बावुक प्रस्तर के मोटे आवरण के कारण छत के ध्वस्त होने की किलहाल कोई सम्भावना नहीं है।

छत में लटकते स्टैलेक्टाइट छत के पाम मोटे हैं तथा नीचे की ओर मुकीये होते जाते हैं (चित्र 290, C1 तथा C2)। कन्दरा की छत कहीं भी समान नहीं



चित्र 290—गुप्ताधाम कन्दरा में स्टैलेक्टाइट तथा स्टैलेग्माइट के निर्माण तथा विकास का आरेखीय प्रदर्शन।

हे उल्लिखित इसका एक भाग तीव्र तथा दूसरा मन्द गति वाला है (चित्र 290, A2 तथा B2)। समृद्ध घोल (saturated solution) कन्दरा की असमान छत में बूंद के रूप में चूता (drip) है।

कन्दरा की छत का अधिक झुका हुआ भाग (तीव्र ढाल) छत में चूने वाली घोल बूंदों (solution drops) में झुकाव कर देता है। परिणामस्वरूप ये बूंद गुरुत्व खिंचाव (gravity pull) के कारण तीव्र ढाल वाली छत की ओर झुकने के कारण लम्बी (elongate) होती है। इस तरह  $\text{Ca CO}_3$  के जमाव के कारण स्टैलेक्टाइट का सकेन्द्रीय छल्ले (Concentric rings) के रूप में निर्माण होता है जिनका मन्द ढाल वाली छत की ओर वाला भाग तेज (sharp) तथा तीव्र ढाल की ओर वाला भाग गोलाकार होता जाता है (चित्र 290, A2 तथा B2)। यदि कन्दरा की छत समान (even) होनी तो चित्र 290 की A1 तथा B1 की स्थिति होती। परन्तु गुप्ताधाम कन्दरा में यह स्थिति नहीं है। सामान्य रूप में यह कहा जा सकता है कि समृद्ध घोल कन्दरा की छत से बूंद के रूप में चूता (drip) है जो जल में कमी होने तथा वाष्पीकरण के फलस्वरूप अतिसंतृप्त (super saturated) हो जाता है तथा अन्त में स्वीकरण (crystallize) होने पर टोस हो जाता है तथा स्टैलेक्टाइट का निर्माण प्रारम्भ हो जाता है। इस तरह स्टैलेक्टाइट ने बन जाने पर समृद्ध घोल का बूंद इसमें बिनारों में सरक कर उसमें निचले मुकीने भाग पर स्वीकृत होकर जम जाती है तथा स्टैलेक्टाइट का विस्तार (लम्बाई तथा मोटाई में) होता जाता है। छत में चूने वाली कैल्शियम कार्बोनेट की बूंदें फर्ल पर  $\text{CO}_2$  भरती है तथा नया जमकर स्वीकरण के बाद स्टैलेक्टाइट का निर्माण करती है। इस कन्दरा में निर्मित स्टैलेक्टाइट में सकेन्द्रीय छल्ले (concentric rings) पाये जाते हैं जो विभिन्न बलों में अपन विनाम की अवस्थाओं को प्रदर्शित करती है (चित्र 290 D1 तथा D2)।

प्राकृतिक पुल (Natural Bridges)—प्राकृतिक पुल का निर्माण भी एक विचारप्रधान समस्या है परन्तु स्थानांतरण के कारण इसमें सम्बन्धित सिद्धान्तों का

अन्वेषण यहाँ पर नहीं किया जा सकता है। सामान्य रूप में प्राकृतिक पुलों का निर्माण दो रूपों में होता है—1 कन्दरा की छत ध्वस्त हो जाने पर उसका कुछ अवशिष्ट भाग एक पुल के रूप में बचा रहता है। 2 लाइमस्टोन क्षेत्र में नदी विलयन छिद्र (Swallow holes) में होकर जल लुप्त हो जाती है तो यह नीचे आकर अपघर्षण तथा घुन-क्रिया द्वारा कन्दरा का निर्माण करती हुई पुन मलह पर प्रकट होती है। जब इस कन्दरा की छत नीचे धसक जाती है तो उस छत का शेष भाग, जो कि कन्दरा के दो पाश्वों को जोड़ता है प्राकृतिक पुल कहा जाता है। प्राकृतिक पुल का निर्माण अपरदन ने कई सारथों द्वारा कई रूपों में होता है।<sup>1</sup> अब लाइमस्टोन-क्षेत्र में घुन-क्रिया द्वारा निर्मित इस प्रकार के पुल को कार्स्ट पुल (Karst bridge) कहा जाता है। संयुक्त राज्य अमेरिका के वर्जीनिया प्रान्त या नेबुरल ब्रिज (Natural bridge) प्राकृतिक पुल का सर्वोत्तम उदाहरण है। प्राकृतिक पुल के निर्माण में विषय में पैलकाड महोदय का सिद्धान्त उद्वर्ध महोदय का 'भूमिगत सरिता-अपहरण सिद्धान्त' (Subterranean Stream Piracy Theory) तथा मैलाट एवं थाक का 'भूमिगत सरिता छाड़न सिद्धान्त' (Subterranean stream cut off Theory) अधिक प्राचिनित है। प्राकृतिक सुरंग (Natural tunnel) तथा प्राकृतिक पुल में सामान्य अन्तर यह है कि नदी का मार्ग जब भूमिगत हो जाता है तो प्राकृतिक सुरंग का निर्माण होता है। इस सुरंग का प्रयोग प्रायः भूमिगत रेलों के लिए किया जाता है। जब प्राकृतिक सुरंग इतनी छोटी हो जाती है कि वह बन्दरा के दानों पथरों का मात्र जोड़ती है तो उसे



चित्र 291—प्राकृतिक पुल के निर्माण का अवस्थापन।

1. टामस वेकरमन ने बताया है कि प्राकृतिक पुल प्रक्षुब्ध (Convulsion) का परिणाम है, यानी इसका निर्माण अचानक हुआ जाता है। इस तरह अकस्मिक आकस्मिकता (catastrophism) में प्रमाणित योग्य है। गिनमर ने इसका विरोध किया तथा बताया कि प्राकृतिक पुल का निर्माण जल की घुन-क्रिया द्वारा होता है। गिनमर के विचार को गिल्मर ने देखा जा सकता है—Gilmer, F. W. (1818)—On the geological formation of the Natural Bridge of Virginia, Amer. Phil. Soc., Trans. 1, pp. 178-192

गहृति पुन कहने हैं। सड़कों के लिये ये प्राकृतिक पुल, पुल का कार्य करते हैं।

### निक्षेपात्मक स्थलरूप (Depositional Land forms)

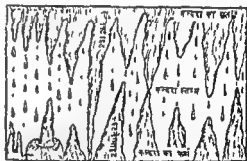
भूमिगत जल द्वारा निक्षेपात्मक कार्य का विवरण ऊपर दिया जा चुका है। कार्स्ट प्रदेश में निक्षेप द्वारा कन्दराओं में विचित्र प्रकार के स्थलरूपों का निर्माण होता है। कन्दराओं के अन्तर्गत जब जल का वाष्पीकरण होने लगता है, या उसमें मिश्रित कार्बन डाइ-आक्साइड गैस अलग होने लगती है तो जल की घोलक शक्ति में कमी आ जाने के कारण कैल्सियम कार्बोनेट का निक्षेप होने लगता है। निक्षेप द्वारा निर्मित स्थलरूपों में स्टैलेक्टाइट (Stalactite) तथा स्टैलेग्माइट (Stalagmite) अधिक महत्वपूर्ण हैं। कन्दराओं में चूनेदार अथवा कैल्सियम युक्त निक्षेप (Calcareous deposits) को ट्रैवर्टाइन (Travertine) कहते हैं।

**स्टैलेक्टाइट (Stalactite)**—भूमिगत कन्दराओं में जब या तो ममस्त जल तिरोहित हो जाता है या भोम-जलस्तर के नीचे हो जाने से जल सत नीचा हो जाता है तो कन्दरा की ऊपरी छत से जल रिस कर नीचे ढपकने लगता है। यह जल अपने साथ घुलन क्रिया द्वारा प्राप्त पदार्थों को भी समाविष्ट किये रहता है। परन्तु जब अधिक ताप के कारण वाष्पीकरण के फलस्वरूप जल सूखने लगता है या उससे कार्बन डाइ-आक्साइड गैस मुक्त हो जाती है तो जल की घुलन-शक्ति तथा पदार्थों को धारण करने की शक्ति घट जाती है। परिणाम-स्वरूप कन्दरा की छत के निचले स्तर पर पदार्थों का निक्षेप होने लगता है। यह निक्षेप लम्बे किन्तु पतले स्तम्भों के रूप में होता है जो कि कन्दरा की फर्श की ओर बढ़ते जाते हैं। इन लटकते हुये स्तम्भों को स्टैलेक्टाइट या आश्चर्याशम कहा जाता है। चूँकि ये स्तम्भ ऊपर में नीचे की ओर लटकते रहते हैं, अतः इनको आकाशोस्तम्भ की भी सजा प्रदान की जाती है। ये स्तम्भ कन्दरा की छत के पाम मोटे तथा बोडे किन्तु नीचे की ओर पतले होत जाते हैं। इन्हें अयस्क भी कहते हैं।

**स्टैलेग्माइट (Stalagmite)**—कन्दरा की छत से रिसने वाले जल को मावा यदि कुछ अधिक होती है तो वह सीधे टपक कर कन्दरा के फर्श पर पहुँच जाता है। इस तरह कन्दरा के फर्श पर निक्षेपात्मक स्तम्भ का निर्माण प्रारम्भ हो जाता है। धीरे-धीरे निक्षेप द्वारा इन

स्तम्भों की ऊँचाई ऊपर की ओर बढ़ती जाती है। इस प्रकार के स्तम्भों को स्टैलेग्माइट या निश्चिन्ताशम कहते हैं। आधार पर ये मोटे तथा विस्तृत होते हैं परन्तु ऊपर की ओर पतले तथा नुकीले होते हैं। इनकी ऊँचाई निरन्तर ऊपर की ओर बढ़ती जाती है।

**कन्दरा स्तम्भ (Cave pillars)**—स्टैलेग्माइट की अपेक्षा स्टैलेक्टाइट अधिक लम्बे होते हैं। निरन्तर लम्बाई में वृद्धि के कारण स्टैलेक्टाइट बढ़ कर कन्दरा की फर्श पर पहुँच जाते हैं। इस तरह एक ऐसे स्तम्भ का निर्माण हो जाता है जो कि कन्दरा की छत को उसकी फर्श से मिलाता है। इस स्तम्भ को कन्दरा स्तम्भ कहते हैं। कन्दरा स्तम्भ का निर्माण अन्य रूप में भी होता है। स्टैलेक्टाइट तथा स्टैलेग्माइट निरन्तर बढ़ते रहते हैं तथा एक दूसरे से मिलकर एक हो जाते हैं। परिणामस्वरूप कन्दरा स्तम्भ का निर्माण होता है। स्टैलेक्टाइट तथा स्टैलेग्माइट के मिलने से कन्दरा स्तम्भों का निर्माण



चित्र 292—स्टैलेक्टाइट तथा स्टैलेग्माइट का निर्माण।

अधिक स्वाभाविक होता है। संयुक्त राज्य अमेरिका के न्यूमेक्सिको प्रान्त की कार्स्टवाड कन्दरा में हजारों की सख्या में कन्दरा स्तम्भ मिलते हैं। इस कन्दरा में एक स्टैलेग्माइट का आधार 60 मीटर तथा ऊँचाई 30 मीटर तक है। यदि स्टैलेग्माइट अधिक मोटे होते हैं तो उनकी अपेक्षा स्टैलेक्टाइट अधिक लम्बे किन्तु पतले होते हैं।

कार्स्ट प्रदेश में अपरदन-चक्र (कार्स्ट-चक्र) (Cycle of Erosion in Karst Region or Karst Cycle)

**सामान्य परिचय**—अन्य अपरदन के कारकों के समान चूने की चट्टान वाले प्रदेश में भी भूमिगत जल के अपरदन-चक्र का अध्ययन किया गया है। अधिकांश विद्वानों ने कार्स्ट प्रदेश में अपरदन-चक्र के पथ में सह-

मति प्रकट की है। इस अपरदन-चक्र में सबसे प्रमुख बात यह है कि एक ही प्रकार की सरचना वाली चट्टान (लाइमस्टोन) पर अपरदन के एक ही प्रमुख रूप (गुलन-क्रिया) तथा गीण रूप में अपघर्षण (Corrasion) द्वारा अपरदन होता है, अतः चक्र की विभिन्न अवस्थाओं एवं उनमें उत्पन्न स्वरूपों की पहचान तथा अध्ययन सरल होता है। सर्वप्रथम 1911 में अमेरिकन विद्वान बोदो ने चुने की चट्टान वाले भाग में अपरदन चक्र के विचारों को एक 'पेपर' के रूप में प्रकाशित किया परन्तु इस 'पेपर' के पूर्णतया प्रकाश में न आने के कारण विद्वानों का ध्यान उधर नहीं जा सका। पुनः सात वर्ष बाद स्वीजिक महोदय (Cvijic Jovan) ने सन् 1918 में सर्वप्रथम कार्स्ट प्रदेश में चक्रोंय व्यवस्था का विवरण 'Hydro-graphic souterraine et evolution morphologique du karst' नामक एक लेख में प्रकाशित किया। इस लेख स्वीजिक महोदय का ही कार्स्ट प्रदेश में 'अपरदन चक्र' की विचारधारा का प्रतिपादक स्वीकार किया जाना चाहिए। डेविस महोदय (1930) ने इस चक्रोंय व्यवस्था को बहुत ही कम महत्त्व प्रदान किया है। डेविस ने कार्स्ट चक्र की सामान्य अपरदन चक्र (Normal cycle of erosion) की ही एक अवस्था प्रोद्गावस्था माना है तथा उनके अनुसार इस अवस्था का विकास विशेष रूप में एक विशेष प्रकार की सरचना वाले (चुने का पत्थर) भाग में होता है। इस विचारधारा के पक्ष में प्रमुख तर्क यह है कि कार्स्ट-चक्र 'पृष्ठीय अपवाह' (Surface drainage) में प्रारम्भ होता है तथा पृष्ठीय अपवाह के साथ समाप्त भी हो जाता है। इस तरह कार्स्ट-चक्र को अपरदन के सामान्य चक्र का ही एक अवस्था मानना सही है। चक्र का प्रारम्भ वास्तव में पृष्ठीय नदियों व भूमिगत होन में प्रारम्भ होता है तथा उनका अन्त पुनः भूमिगत नदियों के मतलब पर प्रकट होने में होता है। यद्यपि इसमें एक कथन में सत्यता है परन्तु 'कार्स्ट' अपरदन चक्र को अलग ही समझना चाहिए।

कार्स्ट-चक्र की सामान्य दशाएँ कार्स्ट-चक्र का प्रारम्भ किस रूप में हो यह भी विवादस्थल समझा है। कार्स्ट-चक्र का प्रारम्भ दो प्रकार की सरचना वाले भागों में प्रारम्भ हो सकता है—1. जिस भाग में सतह पर तथा सतह के नीचे लाइमस्टोन की पाटो परत का जिलदार होता है। इन तरह की सरचना वाले भाग में चक्र

शीघ्र प्रारम्भ हो जाता है। इस तरह की सरचना वाले भाग में शीघ्र प्रारम्भ हो जाता है तथा यह सरल होता है। पृष्ठीय अपवाह के साथ ही विलयन छिद्र (Swallow holes) तथा डोलान्स का निर्माण होता है जिनमें होकर पृष्ठीय नदियों (Surface streams) का जल नीचे जाकर भूमिगत जल का रूप धारण करता है। 2. जिस भाग में लाइमस्टोन चट्टान के ऊपर ग्रेन, बालुका पत्थर आदि अपारगम्य चट्टान का माटा आवरण होता है तथा पृष्ठीय नदियों के लिए सीधे सतह में नीचे पहुँचना कठिन होता है। इस क्षेत्र में 'कार्स्ट'-चक्र के लिए आवश्यक है कि उस भाग का उन्मूलन जिससे नदियाँ पुनर्मुवन्ति होकर (Rejuvenated) लाइमस्टोन शैल के ऊपर स्थित क्लैस्टिक चट्टान (Clastic rock) के आवरण को काट कर समाप्त परतें। इससे बाद ही पृष्ठीय नदियाँ लाइमस्टोन शैल पर पहुँचती हैं जहाँ पर असदृश विलयन छिद्र (Swallow holes) उत्पन्न आदि का निर्माण होता है तथा चक्र का प्रारम्भ कार्स्ट पाटो से होता है। इन पाटियों के विस्तार के साथ सिक सिवान या कार्स्ट मेदान का विकास होता है जिससे असदृश विलयन छिद्र तथा डोलान्स न होकर पृष्ठीय जल भूमिगत जल का रूप धारण करता है। उपर्युक्त स्थिति में केवल सामान्य सरचना जहाँ क्षैतिज अवस्था में स्थित लाइमस्टोन की परतों वाली सरचना की ही कल्पना की गई है। हमारे विपरीत कार्स्ट चक्र का विकास अन्य दो प्रकार की सरचना पर भी होता है। 1. वनिन स्तर वाला लाइमस्टोन क्षेत्र तथा 2. भाजित स्तर वाला लाइमस्टोन क्षेत्र। इनमें से प्रत्येक प्रकार की सरचना पर कार्स्ट चक्र का विकास भूगर्भशास्त्रियों के तथा द्वितीय सरचना पर चक्र का विकास स्थानीय भाग में हुआ है।

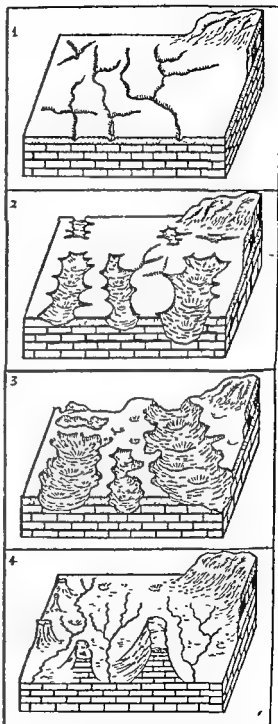
बोरो की कार्स्ट चक्र बोरो महोदय (J. W. Beede) ने सन् 1911 ई० में कार्स्ट चक्र पर अपने विचारों का एक लेख के रूप में प्रकाशित किया। उन्होंने 'कार्स्ट चक्र' को जल चक्र के समान ही अवस्थाओं में विभक्त किया है—1. तरफावस्था (जहाँ डोलान्स तथा विलयन छिद्र द्वारा पृष्ठीय Surface water) मतलब सतह वाले भूमिगत जल (Subterranean water) का रूप धारण करता है 2. परिपक्वतावस्था या प्रोद्गावस्था (जहाँ यह विलयन छिद्रों द्वारा इन भागों का जलिक मध्य में विलयन होता है) गहरी पाटियों का छूटकर यह पृष्ठीय अपवाह में

गत अपवाह का रूप धारण कर लेता है। घसती निवेशिकायें (Sinking creeks), विलयन छिद्र, अंधी घाटी (Blind valley), डोलाइन आदि का निर्माण हवाओं की सहायता में होता है। 3 जीर्णवस्था—भूमिगत जल-धारा पुनः सतह पर प्रकट हो जाती है। कार्स्ट खिड़की (Karst window), प्राकृतिक पुल (Natural Bridges), कार्स्ट सुरंग (Karst tunnels), हम्स (Hums) आदि का विकास होता है, जो कि चक्र की समाप्ति के परिचायक होते हैं।

**स्वीजक का कार्स्ट-चक्र (Karst Cycle of Cuyjk)**—स्वीजिक महोदय ने 1918 ई० में अपने व्यवस्थित कार्स्ट चक्र का प्रतिपादन किया। सैंडर्स महोदय (E W Sanders) के अनुसार स्वीजिक ने अपने कार्स्ट-चक्र में चार अवस्थाओं का उल्लेख किया है—1 तरुणावस्था चक्र की प्रथमावस्था उम स्थलखण्ड पर प्रारम्भ होती है जिस पर या तो शुद्ध लाइमस्टोन की शैल का आवरण सतह पर तथा सतह के नीचे हो या तो जिस पर लाइमस्टोन के ऊपर बलैस्टिक शैल का आवरण हो परन्तु अपरदन द्वारा कट गया होत या लाइमस्टोन शैल ऊपर आ गई हो। इस प्रकार के स्थलखण्ड पर सर्वप्रथम पृष्ठीय अपवाह (Surface drainage) का विकास होता है। धीरे-धीरे-पृष्ठीय जल रिस करके सतह के नीचे भूमिगत जल का रूप धारण करने लगता है। घोलछिद्र (Sink holes), विलयन छिद्र (Swallow holes) डोलाइन आदि का निर्माण छिद्र-बुट्ट रूप में होता है। लैपीज (Lapies) का निर्माण इस अवस्था की मुख्य विशेषता है। यद्यपि इस अवस्था में कन्दरा का निर्माण प्रारम्भ हो जाता है परन्तु किसी भी बड़ी कन्दरा का निर्माण नहीं हो पाता है। सतह की जलधारा पूर्ण रूप से भूमिगत जल धारा का रूप धारण नहीं कर पाती है। स्वीजिक महोदय ने तरुणावस्था को एक ही इकाई के रूप में प्रस्तुत किया है। परन्तु लोबेक महोदय ने तरुणावस्था को दो भागों में विभक्त किया है—प्रारम्भिक तरुणावस्था तथा अन्तिम तरुणावस्था।

**2 प्रौढ़ावस्था (Maturity)**—तरुणावस्था के समय का पृष्ठीय जल इस अवस्था में अधिकांश रूप में भूमिगत रूप धारण कर लेता है। पृष्ठीय जलधारायें इस सीमा तक सतह के नीचे तिरोहित हो जाती हैं कि सतह पर

उनका जल घसती निवेशिकाओं के रूप में ही रह जाता है। इन निवेशिकाओं का अन्त एक विलयन छिद्र पर हो



(लोबेक के आधार पर)

चित्र 293—कार्स्ट अपरदन-चक्र की क्रमिक अवस्थाएँ

जाता है, जहाँ पर अधी घाटियों का निर्माण होता है। कन्दराओं का निर्माण बड़े पैमाने पर होता है। वास्तव में इस अवस्था में कास्ट स्फलाकृति का सर्वाधिक विकास होता है।

3 अन्तिम प्रौढ़ावस्था (Late maturity)-प्रौढ़ावस्था के समय सर्वाधिक विकसित कास्ट स्वरूपों का इस अवस्था में विनाश प्रारम्भ हो जाता है। कन्दराओं का कुछ भाग नीचे धँस जाता है, जिससे कास्ट खिडकी का निर्माण होता है। कास्ट खिडकियों से भूमिगत जलधारा आंशिक रूप में दृष्टिगोचर होती है। कास्ट खिडकिर्वा साकार में बढ कर युवाला (Uvalas) का रूप धारण कर लेती है। कन्दराओं के धँसाव हो जाने तथा युवाला के परस्पर मिल जाने के कारण पोलिये (Polje) का निर्माण हो जाता है तथा स्थलखण्ड समप्राय भूमि (Peneplain) के रूप में आने लगता है। विशेषक अपरदन (Differential erosion) के फलस्वरूप लाइमस्टोन के कुछ भाग अवशिष्ट रह जाते हैं। इन्हें

हम्स (Hums) कहते हैं। इनका निर्माण घात कर पोलिये की फर्में पर होता है।

4. जीर्णावस्था (Old Stage)--स्वीडिश के अनुसार जीर्णावस्था में स्थलखण्ड अपने आधार तल (Base level) तक कट कर नीचा हो जाता है। समुद्र पर घँसती निक्षेपिकाएँ तथा अधी घाटियाँ तिरोहित हो जाती हैं। भूमिगत जलधाराएँ सतह पर प्रवाहित होने लगती हैं। यद्यत्तु चूने की शैल के कुछ अग्रिम भाग हम्स (Hums) के रूप में दिखाई पड़ते हैं।

यह आवश्यक नहीं है किसी कास्ट प्रदेश के समस्त भाग तरुणावस्था प्रौढ़ावस्था तथा जीर्णावस्था में माद-माय अग्रसर हो। जब स्थान पर यदि तरुणावस्था है तो उसी के पास दूसरे स्थान पर प्रौढ़ावस्था हो सकती है। यह भी आवश्यक नहीं है कि कोई भी भाग चक्र की तीनों अवस्थाओं से होकर गुजरे हो। तरुणावस्था के बाद जीर्णावस्था भी आ सकती है। चक्र की अपम्याये तथा उनका स्वभाव लाइमस्टोन शैल तथा भूमिगत जल के स्वभाव पर आधारित होता है।



# तटीय भू-आकारिकी

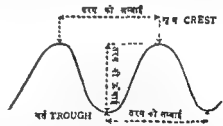
(Coastal Geomorphology)

(सागरीय जल का कार्य तथा तटीय दृष्टावली)

सामान्य परिचय—सागरीय जल का कार्य कई कारकों द्वारा सम्पन्न होता है—उदाहरण के लिये सागर-तरंग (Sea waves), धारायें (Currents), ज्वारीय तरंग (Tidal waves) तथा सुनामिस (Tsunamis—सागर-स्वित भूकम्पीय तरंग)। यद्यपि सागर-तटीय दृष्टावली के मूजन में सागरीय लहरों का सर्वाधिक महत्त्व होता है परन्तु सभी कारकों का सामान्य परिचय आवश्यक है। सागरीय लहरे सागर-तटीय भाग पर अपरदनात्मक कार्य में सबसे अधिक बहुयोग्य प्रदान करती हैं। सागर या तटीको में लहरों का आविर्भाव कई कारणों से होता है परन्तु इसमें पवन सबसे अधिक महत्त्वपूर्ण होता है। पवन सागरीय जल की सतह पर रगड़ (Friction) द्वारा लहरों का मूजन करती है। इतना ही नहीं पवन द्वारा उत्पन्न लहरों में गति का भी संचार होता है। लहरे सागरीय जल की सतह के समानान्तर नहीं होतीं 7 वरन् उनका कुछ भाग ऊपर उठ जाता है तथा कुछ भाग नीचा हो जाता है। इन तरह लहरों का सबसे ऊँचा उठा हुआ भाग शिखर (Crest) कहलाता है तथा सबसे नीचे का दबा हुआ भाग गर्त (Trough) कहलाता है। दो शिखरों के बीच या दो गर्तों के बीच की क्षैतिज दूरी को लहर की लम्बाई (Length of waves) कहते हैं। लहर के आगे बढ़ने की गति को लहर वेग (Wave Velocity) तथा दो क्रमवद्ध शिखरों या गर्तों (Two consecutive crests or troughs) के गुजरने के समय को लहर-अवधि (Wave period) कहते हैं। क्रैस्ट को शीर्ष की अपेक्षा शृंग का कहना अधिक श्रेयस्कर होगा। लहर की लम्बाई, ऊँचाई आदि जल की गहराई, पवन-वेग, लविविस्तार आदि तथ्यों पर आधारित होती है। यद्यपि पवन-वेग द्वारा लहरों का आकार निर्धारित होता है, परन्तु अधिक गहरे जल में लहरों का आकार सर्वाधिक होता है। 16 मीटर तक की ऊँचाई वाली लहरों का अध्ययन किया गया है। विशेष परिस्थितियों में इससे ऊँची भी लहरे हो सकती हैं। सागरीय जल में विस्तार द्वारा भी लहरों का आकार निश्चित होता है। जिस जलस्तर पर होकर लहरे अग्रसर होती हैं

उमें फेच (Fetch) कहते हैं। अधिक विस्तृत फेच पर विस्तृत आकार वाली लहरों का आविर्भाव होता है। प्रयोगशाला में किये गये प्रयोग के अनुसार यदि 1500 किलोमीटर की दूरी तक विस्तृत फेच पर पवन का प्रवाह 105 किलोमीटर प्रति घण्टे के हिसाब से 50 घण्टे तक हो तो 20 मीटर ऊँची लहर का मूजन (सैद्धान्तिक रूप में) हो सकता है।

लहरे कई प्रकार की होती हैं—1. दोलन या दोलायमान लहर (Waves of oscillation)—इन लहरों का मूजन अधिक गहरे जल वाले फेच में होता है। इन प्रकार की लहरों में जल की प्रत्येक बूंद वृत्ताकार रूप में गतिशील होती है। इस लहर में जल की गति, लहर शृंग पर आगे की ओर, अग्रभाग में ऊपर की ओर, लहर-गर्त में पीछे की ओर तथा पृष्ठ भाग में नीचे की ओर होती है। सैद्धान्तिक रूप में दोलन लहरे स्थिर होती हैं, परन्तु वास्तव में इनमें भी आगे की ओर कुछ गति अवश्य होती है। पवन वेग के साथ पवन-दिशा में ये लहरे

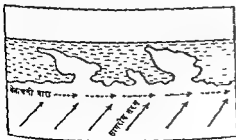


चित्र 294—सागरीय तरंग के सामान्य रूप।

निश्चय ही आगे की ओर बढ़ती हैं। अन्य रूप में भी इन लहरों में आगे की ओर गति होती है। उदाहरण के लिये लहर के जल की बूंद अपने कक्ष का एक चक्कर पूरा कर लेने पर अपने पहले वाले स्थान से कुछ आगे पहुँच जाती है। इसी तरह गर्त की अपेक्षा शृंग में जल की गति आगे की ओर अधिक होती है। प्रस्तुत अध्याय में तरंग तथा लहर को समानार्थक रूप में प्रयुक्त किया जा रहा है। 2. स्थानान्तरणी तरंग (Waves of translation)—इसे एकभ्रूणी तरंग (Solitary wave) भी कहा जाता है। यह दोलन तरंग से कई माने में

दिना होती है। इस तरंग में जल-गति, तरंग संचरण-दिशा (Wave prepagation) में होती है। इस तरंग के अन्तर्गत उपरी सतह में लेकर सागर तली तक का समस्त जल एक ही दिशा (तरंग-संचरण दिशा) में गति-शील होता है। इस कारण स्थानान्तरणी तरंगे दोलन तरंगों से अपरवर्णात्मक कार्य में अधिक महत्त्वपूर्ण होती हैं।

सागरीय तरंगें प्रायः सागरीय तट की ओर अग्रसर होती हैं। जैसे जैसे ये तट के निकट होती जाती हैं, जल की गहराई कम होती जाती है। इस कारण निचले जल में तरंग का निचला भाग तली में रगड़ खाकर आंग बनता है, परन्तु इस अग्रिम गति में रगड़ के कारण रतावट होती है। इस कारण सहरो की ऊँचाई अधिक तथा लम्बाई कम होने लगती है। तरंग-शृंग की ऊँचाई कम हो जाने से वह टूट कर आगे गिरता है तथा तट की ओर चलता है। इस टूटी हुई जल की तरंग को सर्फ (Surf), ब्रेकर (Breaker) या स्वास (Swash) कहते हैं। तट में टकरा कर जल पीछे की लौटता है, परन्तु यह जल तट की ओर आने वाली तरंग के नीचे होकर पीछे लौटता है। इस तरंग-प्रवाह को अधः प्रवाह (Undertow or back wash) कहते हैं, क्योंकि इसमें जल पीछे की ओर लौटता है। यह अधः प्रवाह तटीय भाग पर अपरदन द्वारा उत्पन्न कंकड़-पत्थर आदि पदार्थों को अपने साथ बहाकर सागर की ओर लाता है। इस तरह अधः प्रवाह (Undertow) तरंग-निक्षेपात्मक कार्य में बाधक होता है। तट से जिन दूरी पर समान ऊँचाई वाली तरंगों के शृंग टूटते हैं तथा सर्फ के रूप में बदलते हैं, उस दूरी से यदि तट के समानान्तर एक रेखा खींची जाय तो उसे प्रतोडन रेखा (Plunge line) कहते हैं। इस तरह प्रतोडन रेखा पर पहुँच कर तरंगें सर्फ का रूप धारण कर लेती हैं। सर्फ द्वारा ही तटीय भाग में काट-छाट का कार्य होता है।



चित्र 295—वेलाचली धारा (Littoral current)।

तरंगों के अलावा धाराएँ भी तटीय दृश्यावली के मृजन में महायता करती हैं। तरंगों की अपेक्षा धाराएँ में आगे की जोर गति अधिक तेज तथा मुनिश्चित होती हैं। यहाँ पर सागरीय धाराओं के केवल उन्नी प्रकारों के नामों हैं, जिनका सम्बन्ध तटीय-दृश्यावली, मृजन में सर्वाधिक होता है। इनमें से सर्वप्रमुख है 1 वेलाचली धारा (Littoral current or longshore current) — वेलाचली धारा तट के समानान्तर प्रवाहित होती है तथा जपरदिन पदार्थों के परिवहन में अत्यधिक महत्त्वपूर्ण करती है। इसकी उत्पत्ति दो रूपों में होती है (1) जब पवन वेग में प्रभुत्व होकर जल तट में टकराकर खाता है तो वह मुड़कर तट के समानान्तर बतानवी धारा के रूप में प्रवाहित होने लगता है। (2) पवनवेग के कारण जब सागरीय तरंग तट से टकराते रूप में टूट जाती हैं तो अधिकांश जल तट के समानान्तर बतानवी धारा के रूप में प्रवाहित होने लगता है। 2 तरंगित धारा (Rip current)—पमान्त के गार सागरीय तरंग आ जल जब सर्फ के रूप में तट में टकराता है तो पनका जल कई रूपों में बट जाता है। कुछ जल वेलाचली धारा के रूप में प्रवाहित हो जाता है कुछ जल अधः प्रवाह (Undertow) के रूप में प्रवाहित हो जाता है तथा कुछ जल तट में लोटकर जल की सतह पर नरग के रूप में नाला की ओर गतिमान हो जाता है। इस नरग को तरंगित धारा (Rip current) कहते हैं। उदासीन तरंगों (Tidal waves) तथा सागरीय भागों में उदयन गतिमान धूकणों की पुनामिस तरंगों (Tsunamis) द्वारा भी तटीय भाग की दृश्यावली में विकास या क्षाम होता है।



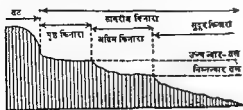
चित्र 296—तरंगित धारा (Rip current)।

सागरीय तट तथा किनारा (Sea coast and shore) सामान्य रूप से तट तथा किनारा के समानार्थक रूप में समझा जाता है, परन्तु वे अलग-अलग पर्याय अन्तर होता है। सागरीय किनारा (Sea coast) ...

सागर के उस भाग को कहते हैं, जो कि सबसे कम तथा सबसे अधिक ज्वारीय जल की सीमा के मध्य होता है। सागरीय किनारे की रेखा (Shore line) उसे कहते हैं, जो कि किसी भी समय जल-तल की सीमा को निर्धारित करती है। अर्थात् किनारे की रेखा उच्च तथा निम्न ज्वार से मध्य सागरीय जल की स्थल की ओर अन्तिम सीमा को प्रदर्शित करती है। इस तरह उच्च तथा निम्न ज्वार के समय किनारे की रेखा बदलती रहती है। इस सामान्य अन्तर को महत्त्व न देकर सागरीय किनारे तथा किनारे की रेखा (Shore and shore line) को समानार्थक ही समझना चाहिये। सागरीय किनारे के तीन भाग होते हैं—1 जहाँ पर सागरीय तरंग आये बढकर पहुँचती हैं, उसे पृष्ठ किनारा (Back shore) कहते हैं। किनारे का यह भाग स्थल की ओर की अन्तिम सीमा होती है। 2. सागरीय जल जहाँ पर सदैव रहता है, उसे अग्रिम किनारा (Fore shore) कहते हैं। 3 महा-द्वीपीय ढान का शेष उथल-भाग, जो कि माहरीय जल द्वारा आवृत रहता है, बाहरी किनारा या सुदूर किनारा (Off shore) कहा जाता है। पृष्ठ किनारे पर सागरीय जल सदैव नहीं पहुँच पाता है।

सागरीय किनारे में स्थल की ओर का भाग तट कहा जाता है<sup>1</sup>। वास्तव में तट रेखा उसे कहते हैं, जो कि तट की सागर के ओर की अन्तिम सीमा निर्धारित करती है तथा इस रेखा से स्थल की ओर का भाग सदैव सागरीय जल से अधिक अप्रभावित (कुछ विशेष परिस्थितियों को छोड़कर) रहता है। दूसरे शब्दों में बिल्फ से सागर की ओर का वह थल भाग, जो कि शुष्क रहता है, तट कहा जाता है। यहाँ पर तट तथा किनारे का प्रयोग समानार्थक रूप में ही किया जायेगा।

सागरीय अपरदन (Marine Erosion)—सागरीय तरंगें सुनामिस आदि सागरीय तट के अपरदन के प्रमुख



चित्र 297—सागरीय तट व किनारे के भाग।

साधन हैं। अपरदन का सामान्य रूप प्रायः सर्फ (Surf) की तरंगों द्वारा होता रहता है, परन्तु तूफानी तरंगें (Stormy waves) अपरदन के सर्वाधिक सक्रिय कारक हैं। यद्यपि तूफानी तरंगें सदैव उत्पन्न नहीं होती हैं, परन्तु इनका अल्पकालिक कार्य सामान्य तरंगों के दीर्घ-कालिक अपरदन के बराबर होता है। ऊपर वर्णित तरंगों तथा धाराओं के विभिन्न प्रकार—अपरदन, परिवहन तथा निक्षेपण कार्यों में अलग-अलग सहयोग देते हैं तथा प्रत्येक का अपना अलग महत्त्व होता है। उदाहरण के लिए सर्फ की तरंगें खासकर स्थानान्तरणों तरंगें (Waves of translation) सीधे तट से टकरा कर अपरदन का कार्य करती हैं, जबकि तरंगिकाएँ (Rip currents) तथा बेलाचलो धाराएँ (Littoral currents) अपरदित पदार्थों के परिवहन तथा निक्षेपण में सहायता करती हैं। इस तरह यदि सागरीय तरंगें (कुछ अपवादों को छोड़कर) तट पर अपरदन का कार्य करती हैं तो सागरीय धाराएँ अवसादों के परिवहन का कार्य करती हैं। वास्तव में सागरीय तरंगें अत्यधिक शक्तिशाली अपरदनात्मक कारक होती हैं तथा तट के पास प्राकृतिक दुश्भावली के नृजन में सतत प्रयत्नशील रहती हैं। सागरीय तरंगों का कार्यस्थल सागरीय तट होता है। सागरीय तटों तक ही तरंगों का अपरदन सीमित होने के कारण यह पवन तथा नदी द्वारा अपरदन एवं उससे उत्पन्न स्थलाकृति के समान अधिक ग्रहत्वपूर्ण नहीं होता है, तथापि तटीय भागों के अधिक विस्तृत होने के कारण अपरदनात्मक तथा निक्षेपात्मक तटीय दुश्भावली निश्चय ही आकर्षक होती हैं। सागरीय तरंगों द्वारा अपरदन चार रूपों में सम्पन्न होता है।

(i) जलगति क्रिया द्वारा (By hydraulic action)—सागरीय तरंगें तीव्र गति से तटों से सीधे टकराती हैं, जिस कारण जल ने दाब से तट की चट्टानें टूट कर बिखरने लगती हैं। इस क्रिया को टूटन-क्रिया (Shattering) भी कहा जाता है। सागरीय तरंगें तट की शीलों पर बढई के हथौड़े के समान भीषण प्रहार करती हैं। इस क्रिया में केवल जल का ही योग रहता है, उसके साथ मिले पदार्थों का नहीं।

(ii) अपघर्षण क्रिया द्वारा (By Corrasion or Abrasion)—जब सागरीय तरंगों के साथ कंकड़-पत्थर

1 The coast in an intermediate zone that extends landward from the shore and the boundary between the coast and shore is known as coast line.

अधिक मात्रा में मिले रहते हैं तो उन्हें अपरदनात्मक यन्त्र (Erosive tools) कहते हैं। इन यन्त्रों में युक्त तरंगें तट के निम्न से टकरा कर चट्टानों को तोड़-फोड़ कर उन्हें बढ़ा ले जाती हैं। सागरीय तरंग का यह कार्य सर्वाधिक महत्वपूर्ण होता है। इतना ही नहीं तरंगों का चढ़े-बड़े टुकड़े अग्रिम किनारे तथा पृष्ठोद्य किनारे (Fore-shore and back shore) की तली पर आगे-पीछे होने रहते हैं, जिस कारण उनकी तली का भी अपरदन साप-साय चलता रहता है।

(iii) सन्निर्घर्षण क्रिया द्वारा (By Attrition)—इस क्रिया के अन्तर्गत तरंगों के साथ चलने वाले टुकड़े आपस में ही टकराकर छोटे-छूटे, महीन एवं बारीक होन रहते हैं। यह क्रिया मुख्य रूप में अग्र प्रवाह (Undertow) तथा तरंगिकाओं (Rip currents) द्वारा अधिक होती है। ये धाराएँ तट से सागर की ओर चलती हैं। अब अपने साथ तट पर अपरदित पदार्थों को सागर की ओर लाती हैं। इस दौरान पदार्थों के टुकड़े आपस में रगड़ खा कर टूटते रहते हैं। अपघर्षण का समय भी टुकड़े स्वयं टूट कर छोटे होते रहते हैं।

(iv) घुलन क्रिया द्वारा (By Solution)—जब तटीय भागों पर घुलनशील चट्टानों (लाइमस्टोन, चार्क, डोलोमाइट, जिप्सम आदि) की स्थिति होती है, तो वहाँ पर सागरीय तरंगों घुलनशील पदार्थों को घुलाकर अवशोषण कर लेती हैं। अपरदन का यह रूप अधिक महत्वपूर्ण नहीं होता है, क्योंकि घुलन-क्रिया मुख्य रूप से लाइम-स्टोन तटीय भागों में ही सीमित रहती है।

सागरीय लहरों द्वारा तटीय भाग के अपरदन में अवशोष (Weathering) के विभिन्न रूप भी महत्वपूर्ण होते हैं। अवशोष के कारण तट की चट्टानों में विघटन तथा विघटन हो जाने में वह कमजोर हो जाती है। शक्तिशाली सागरीय तरंगों इन कमजोर तथा डीमी चट्टानों को आसानी से अपरदित कर देती हैं।

(v) जल दाब की क्रिया द्वारा (By Water Pressure)—सागरीय तरंगों तीव्रता के साथ तट से टकराती हैं। तरंगों के साथ टकराने वाला जल तट की चट्टानों पर भयंकर दाब डालता है। यदि तट की चट्टानों में संधियों तथा छिद्रों का विकास अच्छी तरह हुआ रहता है तो यह अवशोष, तीव्रता में तरंगों तट से टकराने से तो चट्टानों की संधियों में स्थित वायु संपीड़ित (Compressed) हो जाती है। इस अवशोष तथा भयावह रूप में दबे वायु के कारण चट्टानों की संधियों पर

तीव्र दाब पड़ता है। जब तरंग पीछे हटने लगती हैं तो जल के पीछे हट जाने में अचानक दाब घट जाता है, जिस कारण चट्टानों की संधियों तथा छिद्रों की दबी हुई जीधरा में बाहर जाने का प्रयास करती है। इस प्रयास के कारण चट्टानों का आपतन, जो कि पहले दाब के कारण घट गया था, अब अचानक फैल जाता है, जिससे चट्टानें बिस्फोट के साथ टूटने लगती हैं। इस क्रिया के फलस्वरूप तटीय भाग की चट्टानों के द्वारा पोंड के टुकड़े टूट कर अवशोष हो जाते हैं। सामान्य रूप से तरंगों का जल-दाब 4 टन प्रतिवर्ग मीटर होता है। जानसन महोदय (D W Johnson 1919) ने स्वाटनैड के तट पर डायनमी मीटर द्वारा प्रतिवर्ग फुट पर 6000 पोंड जल-दाब का मापन किया है। ग्रिफेथ पर्सिवैलिनो ने वह जल दाब 60 000 पोंड प्रतिवर्ग मीटर तक भी सम्भव हो जाता है। इस भयंकर दाब के कारण 100 टन से अधिक भार वाले टुकड़े तट से टूट कर अवशोष हो जाते हैं।

सागरीय अपरदन को प्रभावित करने वाली बातें—

1. सागरीय जल द्वारा तटीय भाग के अपरदन में सागरीय तरंगों की लम्बाई, इनका वेग आदि अधिक महत्वपूर्ण होते हैं। तरंग-अवधि भी अपरदन में मात्रा को निर्दिष्ट करती है। यदि अधिक लम्बी तरंग लम्बी अवधि (Long enduring) वाली तथा जल-अधिक वेगवती है तो उसका द्वारा निर्दिष्ट रूप से अपरदन अधिक होगा। 2. तटीय भाग की चट्टान की बनावट तथा संरचना अपरदन की मात्रा को प्रभावित करती है। यदि चट्टानें अधिक संधियों वाली तथा अवशोषित हैं वा अपघर्षण क्रिया और जलदाब के कारण अपरदन अधिक होता है। चट्टानों के प्रकार तथा उनका स्थायित्व (Durability) पर अपरदन का स्वभाव आधारित होता है। इसी कारण के लिए तटवर्ती चट्टानें अवशोष तथा क्षाम्यरहित शीशों की अवस्था में प्रकट होती हैं। 3. यदि तट रेखा स्थिर होती है तो अपरदन बेनिफिट्स रूप में चलता है। 4. यदि जल की लहरें अधिक होती हैं तथा तट का ढाल घटा होता है तो वहाँ पर तरंगों का अधिकतम जल-पीछे की ओर परावर्तित हो जाता है तथा तरंगों की प्रहार अधिक गतिवही हो जाता है। इससे अपरदन अधिक हो जाता है तथा जल-दाब बढ़ता है तो जल-दाब तीव्रता में तट से टकराती है तथा अपरदन और अधिक होता है। 5. अपरदन का समय भी अपरदन की मात्रा को प्रभावित करता है। 6. यदि जल अपरदन-क्षम नहीं

से रहित है तो वह सामान्य अपरदन ही कर पाता है। शुद्धजल खासकर रेत, हिमानी, डिप्ट तथा शैल जैसी असंगठित चट्टानों का ही अपरदन कर पाता है। परन्तु यदि प्रतिरोधी आग्नेय चट्टानें, रूपान्तरित तथा पूर्णरूप से संगठित परतदार चट्टानें हैं तो शुद्ध जल का प्रभाव उन पर नहीं हो पाता है। यदि इस जल के साथ कंकड़-पत्थर मिल जाते हैं तो वह प्रतिक्रियाशील अपरदन का कारक हो जाता है। जामसन महोदय के अनुसार दोलन तरंग (Oscillatory waves) 600 फीट की गहराई तक अपरदन कर सकती हैं। इस गहराई तक अपरदन सामान्य ही रह जाता है। सक्रिय अपरदन 200 फीट की गहराई तक ही होता है। इसके विपरीत पोपर्ड महोदय के अनुसार सागरीय तरंगों का अपरदन 30 या 40 फीट से अधिक गहराई तक नहीं होता है।

#### अपरदनात्मक स्थलाकृति

**तरंग द्वारा अपरदित तट रेखा (Wave-cut Shore-lines)**—सागरीय तरंगों द्वारा अपरदनात्मक तथा निक्षेपात्मक स्थलरूपों को अलग करना कठिन होता है, क्योंकि कुछ तो ऐसे भी स्थल रूप होते हैं जिनके निर्माण में अपरदन तथा निक्षेप दोनों का हाथ रहता है। वास्तव में सागरीय अपरदन तथा निक्षेप की प्रक्रियाएँ एक दूसरे से इतनी सम्बन्धित होती हैं कि उनके द्वारा निर्मित स्थलरूपों का अलग निर्धारण नहीं हो पाता है। कुछ स्थलरूपों को छोड़कर अनेक ऐसे भी स्थलरूप होते हैं जिनमें अपरदन या निक्षेप का प्रभुत्व स्पष्ट झलकता है। सर्वप्रथम हम उन स्थल रूपों का उल्लेख करेंगे, जिनका निर्माण सागरीय तट पर स्थित चट्टानों में सरचनात्मक विभिन्नता के कारण सागरीय तरंगों के अपरदन से होता है। यदि सागरीय तट की चट्टानें विभिन्न स्वभाव वाली अर्थात् कोमल तथा कठोर सरचना वाली होती हैं एवं इनकी स्थिति तट के सहारे अधिक लम्बाई में होती है तो **विशेषक अपरदन (Differential erosion)** द्वारा कोमल चट्टानें शीघ्र कट जाती हैं तथा कठोर या प्रतिरोधक शैल कम कट पाती है। इस असमान अपरदन के कारण तट रेखा भी असमान हो जाती है। प्रतिरोधी शैल कम अपरदित होने के कारण बाहर निकली रहती है, जिन्हें **अन्तरीप (Head lands)** कहते हैं। कोमल चट्टानों के अधिक कट जाने के कारण तट में छोटी-छोटी खाडियाँ (Bays) तथा **अन्तःप्रविष्ट आकारों (Re-entrants)** का निर्माण होता है। तट-रेखा के विकास की प्रभावस्थाओं में इन अपरदनात्मक स्थलरूपों का विकास होता है।

धीरे-धीरे विशेषक अपरदन द्वारा तट की असमानता बढ़ती जाती है।

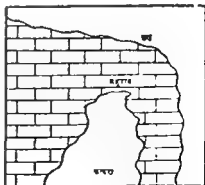
**तटीय क्लिफ (Coastal Cliffs)**—सागरीय तरंगों के अपरदन द्वारा उत्पन्न क्लिफ सागर-तटीय दृश्यावली का एक प्रमुख किन्तु विचित्र स्थलरूप होता है। क्लिफ को हिन्दी शब्दावली के अन्तर्गत 'भूगु' कहते हैं। क्लिफ का निर्माण चूँकि तरंग द्वारा अपरदन के कारण तट-रेखा के सहारे होता है, अतः इसका निर्माण चट्टान के प्रकार, सरचना तथा स्वभाव और सागरीय अपरदन तथा भू-पृष्ठीय अनाच्छादन (Subaerial denudation) के सापेक्षिक रूप पर आधारित होता है। उदाहरण के लिये सागर की ओर झुकी हुई परतों वाली चट्टान, स्तल की ओर झुकी हुई स्तरी वाली शैल, अंतिज स्तर वाली शैल तथा तटरेखा के सहारे सम्बन्ध स्तरी वाली चट्टानों में निर्मित क्लिफ एक दूसरे से भिन्न होते हैं। उतना ही नहीं विभिन्न प्रकार की शैलों (ग्रेनाइट बेसाल्ट, लाइमस्टोन, बालुका पत्थर, रूपान्तरित शैल आदि) में निर्मित क्लिफ भी आकार, विस्तार आदि में भिन्न होते हैं। कोमल चट्टान तथा बड़े ढाल वाली चट्टान में निर्मित क्लिफ शीघ्रता से पीछे हटता है। क्लिफ का निर्माण सरल होता है। तटीय मैदान के डलुआ तट पर **सर्फ घाराये (Surf)** या तरंगें अपने अपरदन द्वारा चट्टान को तट के आधार पर (निचले भाग पर) प्रहार करके काटती है, जिस कारण तट का भाग मोड़ा खड़ा हो जाता है तथा उसका ढाल तीव्र हो जाता है। क्लिफ के आधार (Base) पर तरंगें स्थल की ओर अधिक कटाव कर देती हैं। इस तरह क्लिफ के आधार पर या निचले भाग पर **घाँच या दाँता (Notch)** का निर्माण हो जाता है। इस घाँच के कारण क्लिफ का शीर्ष भाग सागर की ओर लटक रहा है तथा निचला भाग स्थल की ओर घुसा रहता है। जब घाँच (Notch) का विस्तार स्थल की ओर अधिक हो जाता है तो क्लिफ का ऊपर लटकता हुआ शीर्ष भाग (Overhanging the notch) नीचे से सहाय न मिलने के कारण टूट कर नीचे गिरता रहता है, जिस कारण



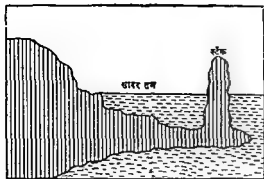
विलफ निरन्तर स्थल की ओर खिसकता जाता है। कभी-कभी विलफ से टूट कर गिरा हुआ मलबा उसे आश्रय भी प्रदान करता है तथा विलफ का पीछे हटना अल्पकाल के लिये स्थगित हो जाता है। परन्तु तरय-अपरदन के असावा विलफ क सटकते हुए भाग के टूटने तथा उसके पीछे हटने में अपक्षय (Weathering), भूमिस्खलन (Landslide) और अवपातन (Slumping) का भी सहयोग रहता है। विलफ के घाँच का अधिक कटाव के कारण स्थल की ओर विस्तार होने से अवतल आकार (Concave shape) हो जाता है, परन्तु विलफ का ऊपरी भाग या तो खड़े ढाल पर सागर की ओर लटका रहता है या बिल्कुल तीव्र ढाल का निर्माण करता है। अधिक सधियों वाली तटीय चट्टानों पर विलफ का निर्माण सरलता से होता है।

तटीय खण्डरा तथा उसके सम्बन्धित रूप (Coastal caves and associated features)—सागर तटीय भाग की चट्टानों में जब सधियों का पूर्णतया विकास हुआ रहता है तो मागरीय तरंगों इन सधियों में घुस कर अपरदन करने लगती हैं। जल इस तरह की सरचना वाली कठोर जाल में कोमल जाल की स्थिति होता है तो तरंगों उन्हें शीघ्र काट कर एक छोटी कन्दरा का निमाण कर लेती हैं। धीरे-धीरे अपरदन चलना रहता है तथा कन्दरा की गहराई तथा आकार दोनों में विस्तार होता रहता है। एक निश्चित समय में पूर्ण विकसित तटीय कन्दरा का निर्माण हो जाता है, परन्तु इसका रूप स्थायी नहीं रहता है, क्योंकि तरंगों के काट-छाट के कारण इसका रूप बदलता रहता है। भूमिगत जल द्वारा जूने की चट्टान में घुलन-क्रिया (Solution) द्वारा निमित्त कन्दरा से तटीय कन्दरा कई मानों में भिन्न होती है। प्रारम्भिक अवस्था में खण्डरा अदृश्य होती है क्योंकि यह ऊपरी मतल से नीचे रहती है तथा जब तक इसके ऊपरी भाग (छत) का कुछ हिस्सा ध्वस्त नहीं हो जाता तब तक कास्ट विडो (Karst window) के अभाव में यह दिखाई नहीं पड़ती है। इसके विपरीत तटीय कन्दरा में एक भाग (सागर की ओर वाला भाग) मईब खुला रहता है। तटीय कन्दरा में निक्षेपात्मक स्थलरूप छत पर नहीं होते हैं, परन्तु कास्ट प्रदेश की कन्दरा की छत तथा फर्न दोनों पर स्टैलेक्टाइट तथा स्टैलेम्याइट आदि निक्षेपात्मक स्थलरूपों का निमाण होना है। तटीय कन्दरा में निर्माण सरल होता है। सागरीय तरंगों के तीव्र वेग के कारण जब चट्टानों की सधियों में पहुँचना है तो

लव जल-दाब के कारण सधियों की पवन निकुडती है, जिस कारण चट्टान पर दाब पड़ने से वह कमजोर हो जाती है। इसके विपरीत जब तरंग लोटती है तो जल-दाब मुक्ति के कारण सिकुडो पवन छोड़ता से फैलती है। पणि-पामरररूप चट्टानें विषटित तथा विर्योगित होकर टूटने लगती हैं। वेतावती धारार्ये (Littoral 'Currents') अयः प्रवाह (Undertow) इन अपरदित पदार्थों को बहा ले जाते हैं। उपर्युक्त क्रिया की पुनरावृत्ति के कारण छिद्र बड़ कर कन्दरा का रूप धारण कर लेते हैं। जब कन्दरा की ऊपरी छत का कुछ भाग नीचे गिर (डगना) जाता है तो कन्दरा का सम्बन्ध ऊपरी मतल से हो जाता है। इसे प्रवेश-द्वार कहते हैं। जब तरंगों के जल दाब के कारण कन्दरा की पवन सिकुडती है तो दाब के कारण कुछ पवन कन्दरा की छत को तोड़ कर छिद्र करके ऊपर निकलने में समर्थ हो जाती है। इन छिद्रों से पवन सीढ़ी की आवाज करती हुई निकलती है। इस तरह के छिद्र को प्राकृतिक चिमनी (Natural chimney) या बात छिद्र (Blow holes) कहते हैं। कन्दरा की छत जब ध्वस्त होकर गिर जाती है तो सकरी तथा छोटी-छोटी छाडियों का निर्माण होता है। इस तरह के प्रवेश-द्वार या निक्षेपक (Inlet) को स्काटलैंड में ज्यो (Geo) कहते हैं। जब सागर तट से जल की ओर निकले हुए शीर्षस्थल (Headland) के दोनों पाखों पर कन्दरा का निर्माण होता है तो दोनों कन्दरायें विरतृत होकर एक दूसरे से मिल जाती हैं तथा उनके आर-पार जल बहने लगता है। इस तरह की आकृति को प्राकृतिक महाराव (Natural Arch) कहते हैं। परन्तु यह महाराव स्थिर नहीं होता है। अपर-दन के कारण ऊपर छत कमजोर हो जाने के कारण दूढ़



चित्र 299—तरंग अपरदन द्वारा निर्मित कन्दरा तथा महाराव (Arch)।



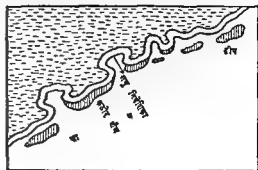
चित्र 300—स्टैक का निर्माण।

कर नीचे गिर जाती है, जिस कारण शीर्षस्थल (Head-land) का सागर की ओर वाला भाग तट से अलग हो जाता है तथा एक स्तम्भ के रूप में खड़ा रहता है। इस तरह की आकृति को स्टैक या सागरीय स्तम्भ (Stacks) कहते हैं। स्टैक का निर्माण उस समय भी होता है जब कि तट के पास निकले भाग में आस-पास की कोमल चट्टानें कट कर या घुलकर अलग हो जाती हैं तथा कठोर शैल तट से दूर स्टैक के रूप में छूट जाती है। स्टैक को चिमनी शैल (Chimney rock) या स्केरी (Skerry) भी कहा जाता है।

**अण्डाकार कटान तथा लघुनिवेशिका (Cove)**—जब तट के समानान्तर क्रमशः कठोर तथा कोमल चट्टानों की परतों का विस्तार होता है तो तरंग का जल कठोर चट्टान की सघियों में प्रविष्ट होकर भीतर की ओर घुसता है। चूंकि इस कठोर शैल के पीछे कोमल शैल है—अतः प्रविष्ट हुन कोमल शैल का भीतर ही भीतर अपरदन करके उसे खोखला बनाता है। इस तरह कोमल चट्टान वाले भागों में ही अण्डाकार कटान तथा उससे निर्मित आकृति को लघु निवेशिका (Cove-लघुखाड़ी) कहा जाता है। जब लघु निवेशिका के पीछे समीपवर्ती कोमल चट्टान पूर्ण रूप से कट जाती है तो कठोर चट्टानों के भाग छोटे-छोटे टापुओं के रूप में जल में तट से थोड़ी दूरी पर शेष रह जाते हैं। इस तरह की दो लघु खाड़ियों के बीच का निकला स्थलखण्ड शीर्ष स्थल (Head land) कहा जाता है।

**तरंग घातित वेदी (Wave-cut Platform)**—क्लिफ से सागरीय तरंगें टकरा कर उसके आधार पर खाँचा या घाँच (Notch) का निर्माण करती हैं। धीरे-धीरे खाँच के विस्तृत होने पर क्लिफ का ऊपरी नटकता भाग टूट कर गिरने लगता है तथा क्लिफ निरन्तर पीछे हटता जाता है। इस क्रिया के कारण क्लिफ के सामने तटीय

भाग पर जल के अन्दर एक मैदान का निर्माण होता है, जिसे तरंग घातित मैदान (Wave-cut plain) या तरंग घातित प्लेटफार्म या वेदी (Wave-cut platform) कहा जाता है। सागरीय तरंगों द्वारा क्लिफ का निचला भाग कटता रहता है, जिससे अपरदित पदार्थों को तरंगें परिवहन द्वारा सागर की ओर ले जाती हैं। इस तरह तटीय वेदी (Coastal Platform) का स्थल की ओर विस्तार होता जाता है। निम्न ज्वारतल के समय यह प्लेटफार्म खुला रहता है, परन्तु उच्च ज्वारतल के समय जलमग्न हो जाता है। क्लिफ के पद के पास (At the foot of cliff) छोटे-छोटे गड्ढों में रेत तथा कंकड़ आदि का ढेर एकत्र हो जाता है। शन-शन लहरें इन पदार्थों को रगड़-रगड़ कर बारीक कर देती हैं तथा उनकी अन्यत्र बहा ले जाती हैं। प्लेटफार्म का भी लहरों के साथ परिवहन किये जाने वाले पदार्थों द्वारा अपघर्षण (Abrasion) होता है। प्रारम्भिक रूप में प्लेटफार्म का ढाल सागर की ओर तीव्र रहता है परन्तु प्लेटफार्म के बाह्य भाग का अपरदन आन्तरिक भाग की अपेक्षा अधिक समय तक होता है। अतः प्लेटफार्म का सागर की ओर मन्द ढाल हो जाता है। जैसे-जैसे क्लिफ पीछे की ओर हटता जाता है, प्लेटफार्म अधिक चौड़ा तथा विस्तृत हो जाता है। इस कारण सागरीय तरंगों को उथले जल के विस्तृत भाग पर यात्रा करनी पड़ती है तथा जब ये तरंगें क्लिफ के पास तक पहुँचती हैं तो उनकी अपरदनात्मक क्षमता घट जाती है। अतः तट का अपरदन तीव्र गति से नहीं हो पाता है। यह स्थिति उस समय होती है जबकि प्लेटफार्म का निर्माण कठोर शैलों पर होता है। तट के कटने तथा क्लिफ के पीछे हटने के साथ ही साथ प्लेटफार्म पर स्टैक, छोटे-छोटे द्वीप बन जाते हैं जो कि कठोर चट्टानों के अपरदनात्मक अवशिष्ट भाग ही होते हैं। इनके निर्माण



चित्र 301—लघु निवेशिका (Cove) तथा द्वीप।



चित्र 302—तरंग घणित प्लेटफार्म तथा निक्षेप जनित वेदिका (Wave cut platform and wave-built terrace)।

मे तरंगों का असमान बल भी उत्तरदायी होता है। तरंग-घणित प्लेटफार्म के आगे अर्थात् सागर की ओर तरंग-निक्षेपित मैदान या वेदिका (Wave built plain or terrace) का निर्माण होता है। यद्यपि यह स्थलरूप तरंग द्वारा निक्षेप में निमित होता है परन्तु इसका अपरदन तथा प्लेटफार्म से इतना अधिक सम्बन्ध होता है कि इसका यहाँ पर उल्लेख आवश्यक हो जाता है। क्लिफ तथा तट के अपरदन से प्राप्त मलवा को लहरें तथा धाराएँ वहाँ से हटाकर अपने साथ परिवहन करके प्लेटफार्म के आगे झाल पर जमा कर देती हैं और इस तरह से एक मैदान या वेदिका का निर्माण हो जाता है। इसका सागर तथा स्थल दोनों ओर विस्तार होता है। इसका कुछ भाग सरक कर सागर के भीतरी भाग में भी जाता रहता है। तरंग-निक्षेपित मैदान प्रायः जलमग्न रहते हैं परन्तु सागरीय तट के निर्गमन (उन्मज्जन) के कारण ऊपर भी आ जाते हैं।

### परिवहन-कार्य (Transportational Work)

सागरीय तरंगें तथा धाराएँ अपरदित पदार्थों का परिवहन या अपनयन करती हैं परन्तु अन्य अपरदन के कारकों के विपरीत इनके द्वारा अपनयन या परिवहन-कार्य विविध रूप में मध्यम होता है। कभी मलवा का परिवहन स्थल या तट की ओर होता है तो कभी सागर की ओर। कभी तट के समानान्तर परिवहन होता है तो कभी मुख्य के कारण तट से अधिक दूर पहुँचे सागर की ओर। इसका प्रमुख कारण तरंगों का तट की ओर आना तथा पुनः पीछे लौट जाना तरंगों का तट के साथ खिखे रूप में टकराना तथा पुनः बेलामसी धारा (Littoral currents) का रूप धारण करना ही है। तरंग द्वारा अपरदित पदार्थों में रेत, मोलाभ (Boulders) कंकड़ तथा बट्टानों के बड़े-बड़े टुकड़े सम्मिलित रहते हैं।

वास्तव में सागरीय परिवहन दो रूपों में होता है—तट की ओर तथा तट से दूर सागर की ओर। इस तरह के परिवहन को अपतट परिवहन (Off shore transportation) या तट का अनुप्रस्थ परिवहन (Transportation transverse to the shore) कहते हैं। सागर की ओर प्रवाहित होने वाली तरंगें सामान्य जाल वाले भाग पर तट के पास अपरदित पदार्थों को निक्षेपित करके पुलिन (Beach) का निर्माण करती हैं। तूफान के समय या उच्च ज्वार के समय अत्यधिक वेगवती तरंगें प्रारम्भिक पुलिन को पार करके स्थल की ओर मलवा को पहुँचा देती हैं। यहाँ तक साधारण तरंगें तथा ज्वारीय तरंगें नहीं पहुँच पाती हैं। इस तरह से निमित पुलिन को तूफान पुलिन (Storm beach) कहते हैं। निक्षेपण जब साम्यावस्था (Equilibrium) को प्राप्त कर लेता है तो अविरत पदार्थ या तो सागर की ओर आने वाली तरंगों या पवन द्वारा हटा लिया जाता है। उपर्युक्त प्रक्रिया में केवल तट की ओर चलने वाली तरंगों को ही ध्यान में लिया गया है। तरंगें तट के पास पहुँच कर या तो सतह तरंग (Surface wave) या अधःप्रवाह (Undertow or back wash) के रूप में सागर की ओर लौट आती हैं। ये लौटती हुई तरंगें तट के पास एकदित मलवा का परिवहन करके सागर की ओर साती हैं। कभी-कभी प्रबल सञ्ज्ञा (Strong gale) के कारण तट की ओर जल अधिक ऊँचाई के साथ पहुँचता है। इस कारण प्रबल अधःप्रवाह (Powerful undertow) का आविर्भाव होता है। पीछे लौटता हुआ ज्वार (घाटा) भी सागर की ओर प्रबल धाराओं का मूलन करता है। इस तरह की धाराएँ (अधःप्रवाह तथा सतह की धारा) तट के पास निक्षेपित पुलिन को अपरदित करके तथा अन्य अपरदित पदार्थों को परिवहन करके सागर की ओर साती हैं। यदि सञ्ज्ञा (Gale) की दिशा तट न सागर की ओर होती है तो अधःप्रवाह (Undertow or back wash) की दिशा सञ्ज्ञा की दिशा के विपरीत तट की ओर आ जाती है। तट की ओर चलने वाला अधःप्रवाह मलवा का परिवहन तट की ओर करने लगता है तथा उस पुलिन का निम्न अपरदन तट की ओर चलने वाले सञ्ज्ञा में उत्पन्न सागर की ओर अधःप्रवाह के कारण हो गया था पुनः निर्माण हो जाता है। इस विवरण से यह स्पष्ट है कि पवन (स. न या सञ्ज्ञा) की दिशा के विपरीत अधःप्रवाह (Undertow) का आविर्भाव होता है तथा यह सर्व पवन की दिशा के



विपरीत दिशा में मलबा का परिवहन करता है। यदि तट में दूर ढाल अधिक हो जाता है या तट से दूर खुदाई (Dredging) की जाती है तो अघःप्रवाह की गति अधिक तीव्र हो जाती है, जिस कारण तट से सागर की ओर पदार्थों का परिवहन तीव्र हो जाता है। सागर की ओर अधिक ढाल के कारण गुरुत्व शक्ति भी पदार्थों को सागर की ओर ले जाने में सहायता करती है। जर्न-जर्न जब यह पदार्थ तट से दूर सागर के सहारे भाग में चला जाता है तो वहाँ से यह किसी भी अवस्था में तट की ओर वापस न आकर वही पर नीचे बैठने लगता है। इसका प्रमुख कारण यह है कि गुरुत्व द्वारा पदार्थों का सागर की ओर परिवहन मरल होता है परन्तु वहाँ से इनका ऊपर की ओर (ढाल के सहारे तट की ओर) परिवहन नहीं हो पाता है क्योंकि गुरुत्व इसमें बाधक होता है। जल की गहराई बढ़ते जाने से तरंगों की सामर्थ्य घटती जाती है तथा वे कमजोर होती जाती हैं। इस कारण जो टुकड़े इतने बड़े होते हैं कि उनका तट की ओर पुनः परिवहन नहीं किया जा सकता, वे नीचे बैठने लगते हैं। जैसे-जैसे सागर की गहराई बढ़ती जाती है, बैठने वाले टुकड़ों का आकार भी घटता जाता है।

उपर्युक्त विवरण में केवल तट से सम्बन्धित दिशा (या तो सागर की ओर या सागर से तट की ओर) में ही तरंगों द्वारा पदार्थों के परिवहन का उल्लेख किया गया है। इसके विपरीत तट के सहारे भी तरंगें धासकर वेलाचली धाराओं (Littoral currents) द्वारा भी परिवहन होता है। इस तरह के परिवहन को वेलाचली प्रवाह (Longshore drift) कहते हैं। पदार्थों का वेलाचली प्रवाह मुख्य रूप से दो प्रकारों में सम्पन्न होता है—1. तिरछी तरङ्गों द्वारा पुलित प्रवाह (Beach drifting) तथा 2. वेलाचली धाराओं द्वारा (By longshore currents)। जब मागरीय तरंगें प्रचण्ड पवन के प्रभाव के कारण तट में तिरछे रूप में टकराती हैं तो मलबा भी तरङ्ग के साथ ही तिरछे रूप में तट की ओर प्रवाहित होता है। जब तरङ्ग वापस लौटती है तो अघःप्रवाह (Back wash) के कारण मलबा भी पीछे चलाता है परन्तु दूसरी वटाभिमुख तरङ्ग इस मलबा को प्राप्त कर लेती है तथा उसे पुनः तिरछे रूप में तट तक ले जाती है। जब दूसरी तरङ्ग वापस लौटती है तो मलबा पुनः वापस लौटने लगता है परन्तु अगली तरङ्ग उसे ले लेती है तथा पुनः तिरछे रूप में तट तक पहुँचा देती है। इस क्रिया की पुनरावृत्ति के कारण मलबा टेढ़े-मेढ़े रूप

में तट के सहारे प्रवाहित होता है। इस तरह के परिवहन को वेलाचली प्रवाह या परिवहन (Longshore drift or transportation) कहते हैं। यह प्रवाह साधारण तौर पर तट के सहारे होता है। इस प्रवाह को प्रभावित करने वाले कारणों में प्रचलित पवन (Prevailing wind) का सर्वाधिक महत्त्व होता है अर्थात् प्रचलित पवन की दिशा में ही वेलाचली परिवहन होता है।



चित्र 303—तिरछी तरङ्गों द्वारा मलबा का वेलाचली प्रवाह (Longshore transportation by oblique waves)।

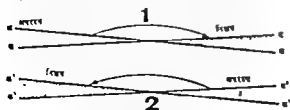
उपर्युक्त दो प्रकार के परिवहन के दौरान मलबा के निक्षेपण से विभिन्न प्रकार के स्थलरूपों का मृजन होता है इनका उल्लेख आगे किया जायेगा।

### तट परिच्छेदिका तथा साम्यावस्था की परिच्छेदिका (Shore Profile and Profile of Equilibrium)

सागरीय तटों पर तरङ्गों द्वारा अपरदन होता है तथा अपरदित पदार्थों का तरंगों परिवहन करती है एवं उनका निक्षेपण भी करती है। अपरदन तथा निक्षेपण द्वारा तरंग घातित प्लेटफार्म (Wave-cut platform) तथा तरंग निक्षेपित बेंदिका (Wave built terrace) का निर्माण होता है परन्तु इन दोनों के निर्माण तथा विकास में अपरदन तथा निक्षेपण दोनों का सापेक्षिक महत्त्व होता है। यह स्मरणीय है कि निक्षेपण तथा अपरदन की मात्रा सर्वदै ममान नहीं रहती है। इनमें से प्रत्येक क्रिया समय-समय से बदलती रहती है। निक्षेपण में भिन्नता का कारण यह है कि जिन स्रोतों से मलबा प्राप्त होता है (नदी के मुहाने पर सागर में जमाव से, तरङ्गों से, विलफ के अपरदन में तथा प्लेटफार्म के अपघर्षण में) वे परिवर्तनशील होते हैं। अतः निक्षेप अनियमित-रूप में (कभी अधिक तो कभी कम) होता है। इसी तरह मलबा का परिवहन तथा वितरण करने वाले स्रोतों में भी भिन्नता होने से निक्षेपण ममान नहीं हो पाता है। तट का ढाल यदि सागर की ओर अधिक है तो मलबा का स्थानान्तरण

सागर की ओर अधिक होने में तरङ्ग-घटित प्लेटफार्म के आगे निक्षेपण होने में तरङ्ग-निक्षेपित बेंदिका का निर्माण होता है। यदि मूल ढाल सागर की ओर अधिक होता है तो मलबा का स्थानान्तरण तट से सागर की ओर अधिक होता है जिस कारण ढाल मन्द होने लगता है। इसके विपरीत मूल ढाल यदि मन्द है तो तट की ओर निक्षेपण अधिक होता है जिसमें सागर की ओर ढाल तीव्र होने लगता है। तट पर इस तरह अपरदन तथा निक्षेपण की क्रियाएँ सदैव ऐसी स्थिति की प्राप्ति या प्रयत्न करती हैं जिसमें अन्तर्गत ढाल उतना हो कि जितना निक्षेप उस पर होता है उतना ही उसमें हटा जाय अर्थात् तट की ओर आने वाली तरंगा द्वारा जितना मलबा निक्षेपित होता है उतना ही मलबा यदि लौटती हुई तरंगों द्वारा या अथ प्रवाह द्वारा हटा लिया जाय तो निक्षेपण तथा अपरदन की क्रियाओं में सन्तुलन हो जाता है। जब इस प्रकार की बला का विकास समस्त तट की परिच्छेदिका पर हो जाता है तो उसे साम्यावस्था या सन्तुलन की परिच्छेदिका (Profile of equilibrium) कहते हैं। यह परिच्छेदिका निश्चित रूप में एक आदर्श परिच्छेदिका (Ideal Profile) होती है जो सदैव बनती तथा बिगड़ती रहती है। तेज तूफान (Storm) या राज्ञा (Gale) के समय सन्तुलन ढाल प्रायः अव्यवस्थित (Disturbed) या बिगड़ता हो जाता है परन्तु तूफान की समाप्ति के बाद पुनः अपरदन तथा निक्षेपण की क्रियाएँ ऐसे ढाल की रचना कर लेती हैं कि जितने मलबा का निक्षेपण हो उतना ही मलबा अपरदन द्वारा हटा लिया जाय।

साम्यावस्था की परिच्छेदिका को एक उदाहरण द्वारा समझा जा सकता है। यदि सागरीय तट जलमग्न तट (Shoreline of submergence) है तो उसकी महत्तम मूल ढाल (Initial slope) आदर्श ढाल अर्थात् सन्तुलित परिच्छेदिका से अधिक ढाल (Steep) या कम ढाल (Gentle) हो सकता है। दोनों ही दशाओंमें



चित्र 304—सन्तुलित परिच्छेदिकाएँ (Profiles of equilibrium)—अ, ब तथा स<sup>1</sup>, स<sup>2</sup>।

अपरदन तथा निक्षेपण की क्रियाएँ सम्मिलित रूप से सन्तुलित परिच्छेदिका के निर्माण में प्रयत्नशील हो जाती हैं तथा अन्ततः प्राप्त भी कर लेती हैं। चित्र 304.1 में वास्तविक ढाल, आदर्श ढाल में अधिक ढालू है। अ, ब मूल ढाल (Initial slope) अत्यधिक ढालू है। इस अवस्था में तरंग सन्तुलन की परिच्छेदिका स, द की प्राप्ति के लिये प्लेटफार्म तथा क्लिफ का अपरदन करके उन्मत्त प्राप्त मलबा का निक्षेपण तटामुख बेंदिका (Shoreface terrace) के रूप में करेगी जिस कारण ढाल आदर्श हो जाय। चित्र 304.1 में स, द रेखा सन्तुलित परिच्छेदिका को प्रदर्शित करती है। इससे विपरीत यदि (चित्र 304) स<sup>1</sup>, स<sup>2</sup> परिच्छेदिका, सन्तुलित परिच्छेदिका स<sup>1</sup>, स<sup>2</sup> की अपेक्षा कम ढालू है तो सन्तुलित परिच्छेदिका की प्राप्ति के लिये मूल परिच्छेदिका स<sup>1</sup>, स<sup>2</sup> (चित्र 304.2) के निम्ने भाग में अपरदन तथा ऊपरी भाग में निक्षेपण हो नाहि आदर्श ढाल की प्राप्ति हो जाय। यदि यह स्थिति प्राप्त हो जाती है तो उन्मत्त परिच्छेदिका सन्तुलित हो जाती है। चित्र 304.1 में स, द तथा चित्र 304.2 में स<sup>1</sup>, स<sup>2</sup> सन्तुलित या साम्यावस्था की परिच्छेदिकाएँ हैं।

### निक्षेपात्मक स्थलाकृति (Depositional Topography)

सागरीय तरंगों द्वारा अपरदित पराधी का तट के सहारे या तट में दूर मुहूर्तरती किनारा (Offshore) तक निक्षेप होता है। तटामुख तरंगों मलबा को ब्रजने साथ तट की ओर लाती है परन्तु यह पदार्थ ढालू तट के सहारे मुख्य के कारण सरक कर सागर की ओर चला जाता है। अथ प्रवाह (Underflow) द्वारा भी पदार्थ तट में दूर सागर में निक्षेपित होता है। तूफानी तरंगों द्वारा बड़े बड़े टुकड़े तट के पास पहुँचा दिये जाते हैं, जहाँ वह सामान्य तरेमें नहीं पहुँच पाती हैं। बेलों पत्थी घाटारों द्वारा तट व सहारे निक्षेप होता है। इस तरह विविध रूपों में होने वाले निक्षेप व कारण तट के पास तथा उसमें दूर (अधिक किनारा गूँड़ स्थानों तथा मुहूर्तर किनारा तक) भी तरह-तरह की आकृतियाँ का निर्माण होता है। सागरीय जल के जाने में निक्षेपात्मक स्थल पर प्रायः अधिक महत्त्वपूर्ण होते हैं। तरंग-घटित प्लेटफार्म (Wave cut platform) में आगे निक्षेप द्वारा बेंदिका का निर्माण होता है, जिसका तरंग निक्षेपित अर्चिका (Wave built terrace) कहते हैं। इनका जाने उन्मत्त किनारा

चुका है। अन्य निक्षेपात्मक स्थलरूपों में प्रमुख हैं— पुलिन (Beach), कस्प पुलिन (Cusp beach), रोधिका (Bars), रोध (Barriers), अपतट रोधिका (Offshore bar), लंबी रोधिका (Long shore bar), स्पिट (Spits), हुक (Hook), लूप (Loop), संयोजक रोधिका (Connecting bars), छल्लेदार रोधिका (Looped bars), टोम्बोलो (Tombolo), रोधी द्वीप (Barrier island), ज्वारीय प्रवेश द्वार (Tidal inlets), पंखयुक्त शीर्षस्थल (Winged headlands), समुद्रोद्गमूखी तटीय प्रसार (Progradation) आदि।

**पुलिन (Beach)** सागरीय तट के सहारे मलवा के निक्षेप से बने स्थलरूप को पुलिन कहा जाता है। पुलिन का निर्माण वास्तव में उच्च ज्वार-तल तथा निम्न ज्वार-तल के नीचे वाले स्थानों में होता है। सागरीय जल द्वारा अपरदित पदार्थों का कुछ भाग तट के सहारे जमा हो जाता है जिससे तट का भाग कुछ उंचा हो जाता है। जलमग्न तट का यह उंचा भाग ही बीच या पुलिन कहलाता है। पुलिन का निर्माण एक जटिल प्रक्रिया है। यदि तटामुख तरंगों निक्षेप में प्रयत्नशील रहती हैं तो अधःप्रवाह (Undertow) एवं सागरतटमुख तरंगों उसे हटाने तथा अपरदित करने में लगी रहती हैं। यदि तरंग ध्रुवित प्लेटफार्म सँकरा तथा अधिक ढालुवाँ होता है तो अधः प्रवाह निक्षेपित पदार्थों को आसानी से बहाकर सागर की ओर गहरे भाग में ले जाता है। जैसे-जैसे तरंग ध्रुवित प्लेटफार्म विस्तृत होता जाता है, स्थानान्तरणी तरंगों या एकभ्रूणी तरंगों (Waves of translation or solitary waves) अपने साथ पदार्थों को तट के पास लाकर जमा करने लगती हैं। धीरे-धीरे पुलिन का विस्तार होता है, जिससे तट सागर की ओर बढ़ता जाता है। पुलिन एक स्थायी तथा अल्पकालिक निक्षेपजनित स्थलरूप होता है जोकि बनता-बिगड़ता रहता है। इनका विस्तार तट के सहारे लम्बाई में अधिक होता है। सामान्य दशाओं में पुलिन का विस्तार तट के सहारे कई सौ किलोमीटर तक हो जाता है।

पुलिन के निर्माण में कई प्रकार के पदार्थों का योग रहता है जो कि विभिन्न स्रोतों से प्राप्त होते हैं। अधिकांश पदार्थ नदियों द्वारा स्थल से आता है। नदियाँ स्थलीय भागों से अपने मलवा को सागर तक लाती हैं। लहरें इन पदार्थों को प्राप्त करके उन्हें तट के सहारे निक्षेपित करने लगती हैं। तटीय भाग के भूमिस्खलन (Landslide), अवपतन (Slumping), तटीय विलय के

अपक्षय के कारण विघटन तथा वियोजन से प्राप्त पदार्थ, तरंगों द्वारा विलय के अपरदन आदि साधनों से प्राप्त मलवा का कुछ अंश पुलिन के निर्माण के काम आता है।

पुलिन का आकार तथा विस्तार तट के स्वरूप तथा निक्षेप किये जाने वाले स्थानों के रूप पर आधारित होता है। यदि तट समान रूप से लम्बी दूरी तक सीधी रेखा के रूप में विस्तृत है तो पुलिन अधिक लम्बाई में निर्मित होता है। सैकड़ों किलोमीटर की लम्बाई हो सकती है। परन्तु यदि तट असमान है तथा खाडियों, लघु निवेशिकाओं (Coves), शीर्षस्थल (Head lands) आदि से युक्त है तो पुलिन विभिन्न रूप में होते हैं तथा उनका रूप भी भिन्न-भिन्न होता है। खाडियों से शीर्ष भाग पर बने पुलिन को खाड़ी शीर्ष पुलिन (Bay head beach) कहते हैं। लघु निवेशिकाओं के सामने निर्मित पुलिन को लघु पुलिन (Pocket beach) कहा जाता है। शीर्ष-स्थलखण्ड के अग्रभाग पर निक्षेपित पुलिन को शीर्ष-स्थलखण्ड पुलिन (Head land beach) कहते हैं। यह स्मरणीय है कि खाडियों तथा लघु निवेशिकाओं (Coves) के सहारे शीर्ष-स्थलखण्ड की अपेक्षा पुलिन के निर्माण की अधिक सम्भावनाएँ रहती हैं। इसका प्रमुख कारण यह है कि तरंगों शीर्ष-स्थलखण्ड के अग्रभाग पर अभिसरित (Converge) होती हैं, जिस कारण यहाँ अपरदन अधिक होता है। इसके विपरीत तरंगों खाडियों में अपसरित (Diverge) होती हैं, जिस कारण तरंग-अपरदन कम होता है।

पुलिन का विनाश भी साथ-साथ चलता रहता है क्योंकि ये अस्थायी स्थल रूप होते हैं। विस्तृत जल के समय पुलिन का विनाश तथा शान्त जल के समय विकास होता है। भूकम्पीय सुनामिस तरंगों, हरीकेन तथा प्रचण्ड अज्ञा (Gale) के कारण उत्पन्न तटामुख तरंगों तीव्रता से चलने के कारण तट से टकरा कर पुलिन के अपरदन में प्रयत्नशील हो जाती हैं। कभी-कभी तूफानी तरंग (Stormy waves) पुलिन के सागरवर्ती भाग को काट कर उसे तट की ओर एकत्रित करके पुलिन को ऊँचा कर देती हैं। इस तरह के पुलिन को तूफान पुलिन (Storm beach) कहते हैं। इसका सागरवर्ती ढाल तटवर्ती ढाल की अपेक्षा कम ढालू होता है। इसके विपरीत कभी-कभी तूफानी तरंग पुलिन को अपरदित करके पूर्ण रूप से बहा ले जाती हैं। स्थल की ओर पीछे हटते हुए तट के सहारे निर्मित पुलिन पूर्ण रूप से स्थायी

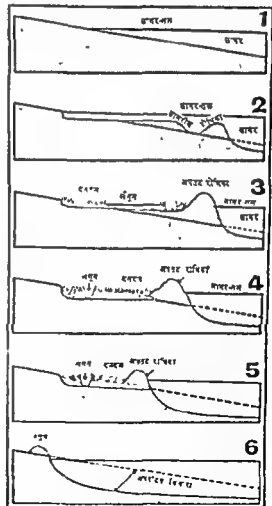
तथा अल्पकालिक होती है परन्तु सागर की ओर बढ़ते हुए तट पर निमित्त पुलिन अर्द्धस्थायी (Semi permanent) होती है।

**कर्ण पुलिन (Cusp Beach)**—अधिकतम पुलिन के सागरतटी भाग में रेत, बोलायम (Boulder) तथा बजरी (Gravel) का तरंगों द्वारा दृढ़ तरह निक्षेप हो जाता है कि पतले-पतले कटकों (Narrow ridges) का निर्माण हो जाता है, जो कि सागर की ओर निकले रहते हैं। इस तरह निकले हुए कटकों के बीच की दूरी प्रायः समान होती है। उन निकले हुए कटकों को कस्प कहते हैं। कस्पयुक्त पुलिन कस्प पुलिन कहा जाता है। जब कस्प छोटे-छोटे रहते हैं तो धाराओं तथा तरंगों द्वारा उनका आसानी से अपरदन हो जाता है परन्तु बूकानी तरङ्गों के हटते ही नये कस्प का निर्माण हो जाता है। कस्प का निर्माण कुछ विशेष प्रकार के तटों के सहारे ही होता है, सदैव सभी तटों के सहारे नहीं।

**रोधिका तथा रोध (Bars and Barriers)**—तरङ्गों तथा धाराओं द्वारा निक्षेप के कारण निमित्त बटक (Ridge) या बाँध (Embankment) को रोधिका कहा जाता है। इनका रूप कई तरह का होता है। इसी कारण नामकरण भी अलग-अलग रूपों में किया जाता है। ये बाँध जल से ऊपर या नीचे दोनों रूपों में हो सकते हैं। बाँधों का निर्माण मुख्य रूप में तरंग घटित प्लेटफार्म (Wave-cut platform) पर तट से दूर या पास, तट से सलग सम्बन्ध रूप में या तट के समानान्तर निक्षेपण द्वारा बाँधों का निर्माण विभिन्न रूपों में तथा विभिन्न स्थानों पर होता है। रोध तथा रोधिका में सामान्य अन्तर यह है कि रोधिका या तो जल के नीचे रहती है या उच्च ज्वार के समय अवश्य डूब जाती है परन्तु रोध ऊँचा होने के कारण जल से ऊपर ही रहते हैं। इनके कुछ महत्वपूर्ण रूपों का नीचे उल्लेख किया जा रहा है -

**अपतट रोधिका (Off Shore Bars)**—जब रोधिकाओं का निर्माण तट से दूर इस तरह होता है कि वे तट के प्रायः समानान्तर होती हैं परन्तु तट से सम्बन्धित नहीं होती हैं तो उन्हें अपतट रोधिका या तटीय रोधिका (Long shore bars) कहते हैं। भारत में प्रतोजन रेखा के आगे सर्फ तरङ्ग के रोध में नीचे तरंग घटित प्लेटफार्म पर अवसादों का तट के आगे समानान्तर बटक (Ridges) के रूप में निक्षेपण हो जाता है। धीरे-धीरे ये बटक लम्बाई तथा ऊँचाई, दोनों में बढ़ते रहते हैं तथा जल के ऊपर आ जाते हैं। इस तरह के बटक को

तटीय रोधिका या अपतट रोधिका (Long shore bars or offshore bars) उस समय कहते हैं, जब कि वे जल में डूबी रहती हैं। जल से ऊपर आते ही उन्हें अपतट रोध (Offshore barriers) कहते हैं। अपतट रोधिकाएँ बटक के समानान्तर एक दूसरे के पीछे बनती चली जाती हैं तथा दो अपतट रोधिकाओं का अलग-अलग या विभाजन छिड़ते गर्तों में होता है। अपतट रोधिकाओं के निर्माण के विषय में अब तक किसी भी निश्चित मत का प्रतिपादन नहीं किया जा सका है। सन् 1845 ई० में डी ब्युमोन्ट (De Beaumont) ने बताया कि रोधिकाओं का निर्माण सागर-तली से आने वाले पदार्थों से होता है। सन् 1890 ई० में गिलबर्ट महोदय ने बोनविली झील (Lake Bonneville) के स्थलरूपों की



चित्र 305—अपतट रोधिका (Off shore bar) 4  
दिशा की व्यवस्थाएँ।

व्याख्या के समय बताया कि अपतट रोधिकाओं का निर्माण तट से दूर बेलौचली धाराओं (Longshore currents) द्वारा मलबा के निक्षेपण के कारण होता है। सन् 1909 ई० में डेविस ने इस विचारधारा का विस्तार किया तथा बताया कि अपतट रोधिकाओं के निर्माण के लिये आवश्यक पदार्थ तरङ्गों के प्रहार से सागर की तली<sup>1</sup> से प्राप्त होता है। सन् 1919 ई० में जानसन महोदय ने भी ब्युमाण्ट तथा डेविस के सिद्धांतों को स्वीकार करते हुए बताया कि मलबा के निक्षेपण से तट से दूर पहले छोटे-छोटे द्वीपों का निर्माण होता है, जिन्हें अपतट द्वीप (Offshore island) कह सकते हैं। ये द्वीप गोल-गोल आकार, ऊँचाई, लम्बाई तथा सख्या में बढ़ते जाते हैं। कुछ समय बाद कई द्वीप मिल कर तट के समानान्तर परन्तु दूर रोधिका का निर्माण करते हैं। तट से दूर इन रोधिकाओं को ही अपतट रोधिका (Off shore bars) कहते हैं। ये जल से नीचे भी हो सकते हैं तथा बाहर भी। जल से नीचे स्थित अपतट रोधिकाओं द्वारा जलयानों को अधिक क्षति उठानी पड़ती है, क्योंकि अज्ञानतावश जलयान जड़स्थ अपतट रोधिकाओं से टक्कर खाकर नष्ट हो जाते हैं।

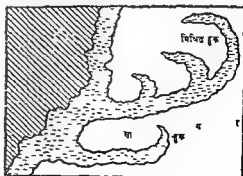
**स्पिट (Spits)**—जब सागरीय मलबा (कंकड़ पत्थर आदि) का निक्षेप इस तरह होता है कि वह रोधिका के रूप में जल की ओर निकला रहता है तो उसे स्पिट या भूजिह्वा कहते हैं। स्पिट का एक भाग तट से या शीर्षस्थल (Head land) से सलग्न होता है तथा दूसरा सिरा सागर की ओर निकला तथा खुला होता है। सन् 1942 ई० में ईवान्स महोदय (O. F. Evans), ने स्पिट को रोधिका का ही एक विविध रूप बताया “जो कि एक कटक या बाँध” (Ridge or embankment) के समान होता है जिसका एक सिंग स्थल से जुटा रहता है तथा दूसरा सिरा सागर की ओर खुला रहता है। स्पिट के निर्माण के विषय में सामान्य रूप से यह बताया जाता है कि इनकी रचना तट से सीधी दिशा में जाने वाली धाराओं के निक्षेपण से होती है। स्पिट का निर्माण बेलौचली धाराओं (Littoral currents) द्वारा माना जाता है। लेविस महोदय (W. V. Levis 1931) तथा स्टीयर्स (J. A. Steers, 1948) ने स्पिट के निर्माण के विषय में अपने विभिन्न मतों का उल्लेख किया है। स्थानाभाव के कारण



चित्र 306—अपतट रोधिका (Off shore bar) तथा स्पिट (Spit)

उनके विद्यमानता का उल्लेख यहाँ पर नहीं किया जा रहा है।

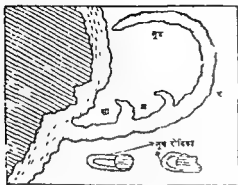
**हुक (Hook)**—तूफानी तरंगे (Storm waves) स्पिट के आकार में परिवर्तन लाती रहती हैं। एक ओर स्पिट के निर्माण में भाग लेने वाली तरंगें उसके सिरे या अग्र भाग पर पदार्थों को जमा करके उसे (स्पिट) सागर की ओर बढ़ाने का प्रयास करती हैं तो दूसरी ओर अन्य धाराएँ तथा तरंगे स्पिट को अपने बल द्वारा मोड़कर उसकी दिशा में परिवर्तन लाने का प्रयास करती हैं। जब मोड़ने वाली तरंग या धारा अधिक प्रबल हो जाती है तो स्पिट का अग्र भाग तट की ओर मुड़ जाता है। धीरे-धीरे यह मोड़ बढ़ता जाता है तथा कुछ समय बाद यह अकुण्ड के आकार का हो जाता है। इस तरह तट की ओर मुड़ी हुई स्पिट को हुक कहते हैं। एक हुक के बाद पुनः स्पिट सम्बाई में बढ़ने लगती है तथा उपर्युक्त क्रिया की पुनरावृत्ति के कारण द्वितीय हुक का निर्माण होता है। जब कि स्पिट में कई हुक का निर्माण हो



चित्र 307—हुक तथा मिश्रित हुक।

1. सागर की तली का तात्पर्य यहाँ पर सूदूर किनारे (off shore) की तली से है।

जाता है तो उसे मिश्रित हुक (Compound hook) कहते हैं। जब निक्षेप करने वाली तट्ठा उसे नष्ट करने वाली तरङ्गों में संवलन हो जाता है तो हुक की स्थिति स्थायी हो जाती है।

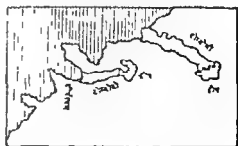


चित्र 308—तट (Loop) तथा तट रोधिका (Loop ed Bar)।

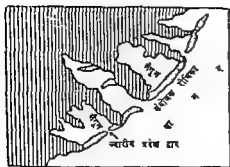
तट या छल्ला (Loop)—जब विरुद्धी धाराएं (Opposing currents) बलाचर्चा धाराओं (Littoral currents) से अधिक प्रबल हो जाती है तो कभी-कभी स्थिति उनसे अधिक मुड़ जाता है कि वह तट में जाकर मिल जाता है। इस तरह एक पूर्ण छल्ले का निर्माण हो जाता है जिसके अन्दर तटार का जल बन्द हो जाता है। इस तरह की आकृति को तट या छल्ला कहते हैं। जब किसी द्वीप के चारों तरफ स्पिट का विकास होता है तो उस तट रोधिका या छल्लेदार रोधिका (Looped bar) कहते हैं।

संयोजक रोधिका (Connecting bars and associated features)—जब तट के सहार रोधिका का इतना अधिक विस्तार हो जाता है कि यह दो भू-भागों (Head lands) को या दो द्वीपों को जोड़ देती है या किसी द्वीप का सम्बन्ध तट से कर देती है तो उस रोधिका को संयोजक रोधिका कहते हैं। संयोजक रोधिका के विभिन्न रूपों को अलग-अलग शब्दों द्वारा से सम्बोधित किया जाता है। उदाहरण के लिए दो शीर्ष-स्थलों को मिलाने वाली रोधिका को संयोजक रोधिका (Connecting bar) कहते हैं, परन्तु तट में किसी द्वीप या शीर्षस्थल से किसी द्वीप को मिलाने वाली रोधिका को टोम्बोली (Tombolo) कहते हैं। जब आधीन धाराएँ धीरे हो जाती हैं तो संयोजक रोधिका को स्थान-स्थान पर तोड़ देती है। इस तरह हुए भागों में

नयोजक रोधिका तथा तट के बीच हके जल का सम्पर्क मानर से होता है। इस तरह के प्रवेश मार्ग को ज्वारीय प्रवेश मार्ग (Tidal inlets) कहते हैं। जब भी रेत आदि द्वारा यह द्वार बन्द हो जाता है तो ज्वारीय तरंगें जम्मे हटा कर द्वार को सर्वदा खुला रखती हैं। टोम्बोली द्वारा जिन द्वीपों का सम्पर्क स्थल (तट) से हो जाता है उन द्वीपों को बंधे हुए द्वीप (Tied islands) कहते हैं। इस तरह टोम्बोली, तट तथा द्वीप के बीच पुल का कार्य करता है। कभी-कभी बलाचर्चा प्रवाह (Long shore drift) द्वारा शीर्षस्थल (Head lands) के दोनों ओर रुक-पट्टर का जमाव हो जाता है, जिससे स्थान के दोनों ओर पथ के समान आकृति का निर्माण हो जाता है। इस तरह के शीर्षस्थल का पंथुल शीर्षस्थल (Winged headland) कहते हैं। रोधिकाओं का रूप स्थिति में अनुसार अलग-अलग होता है—1. यदि खाड़ी में स्थान पर रोधिका का निर्माण होता है तो उसे खाड़ी मुख रोधिका (Bay mouth bar) 2. खाड़ी में मध्य में स्थित रोधिका को मध्य खाड़ी रोधिका (Mid bay bar) तथा 3. खाड़ी के किनारे पर स्थित रोधिका को खाड़ी-मोथ रोधिका (Bay head bar) कहते हैं। जब रोधिका का विस्तार खाड़ी या तट पर विस्तार के सामने यह तरह होता है कि तट तथा रोधिका के बीच सामंजस्य जल बन्द हो जाता है तो उस लैगून (Lagoons) कहते हैं। वास्तव में लैगून एक चम्बी चिन्तु मकोण चार जल की आकृति होती है। आगम के पूर्व तट पर चिल्का (उड़ीसा) झील तथा पुर्णीकट (मद्रास तट) झील लैगून स्थान के ही उदाहरण हैं। जब यह लैगून रोधिका द्वारा पूरा रूप से बन्द हो जाती है तो स्थान को आन्ध्रबानी नदियों अपने साथ मलवा लाकर उस भर कर उबली बना देती है जिसमें झील श्वेतल में बदल जाती है। परन्तु सामान्य रूप में ज्वारीय तरंगें रोधिकाओं को



चित्र 309—रामबानी।



चित्र 310—I—खाड़ी शीर्ष रोधिका, II—मध्य खाड़ी रोधिका, III—खाड़ी मुख रोधिका तथा IV—पश्चिमी शीर्षस्थल।

स्थान-स्थान पर तोड़ कर लंगून में निक्षेपित पदार्थों को बहा ले जाती हैं। केरल तट पर अनेक लंगून झीलें मिलती हैं, जिनके किनारों पर नारियल के वृक्ष उगे होते हैं।

### तट तथा किनारे का वर्गीकरण

(Classification of Coasts and Shorelines)

**सामान्य परिचय**—तट तथा किनारों के व्यवस्थित तथा सुनिश्चित वर्गीकरण के विषय में अत्यधिक मतान्तर है। इतना ही नहीं, विद्वत्समाज में तट तथा किनारों के विषय में अनेक प्रकार के भ्रम भी हैं। कुछ लोग तट तथा किनारों को अलग-अलग मानते हैं तथा किनारों को एक ही रूप प्रदान करते हैं। लेखक भी अन्तिम विचारधारा का ही समर्थक है, क्योंकि तट तथा किनारों में इतना भ्रम अन्तर होता है कि उनको महत्त्व नहीं दिया जा सकता है। वर्तमान समय तक तट तथा किनारों के जितने भी वर्गीकरण प्रस्तुत किये गये हैं वे परस्पर विरोधी ही हैं, क्योंकि प्रत्येक वर्गीकरण के आधार भिन्न-भिन्न हैं। तट तथा किनारों के वर्तमान वर्गीकरणों में भ्रम के अनेक कारण हैं—1. तट तथा किनारों के वर्गीकरण अलग-अलग किये गये हैं। 2. वर्तमान समय में जितनी भी तट रेखाएँ हैं, वे सामान्य न होकर अत्यन्त जटिल हैं। अतः उनका वास्तविक रूप जानना कठिन है। 3. वर्गीकरण का आधार सागर-तल भी सुनिश्चित नहीं है क्योंकि प्रायः प्रत्येक तट तथा किनारे पर उन्मज्जन तथा निमज्जन अर्थात् सागर-तल में उभार तथा पतन (Rise and fall) के लक्षण मिलते हैं। इस तरह

से वर्तमान समय तक तटों का वर्गीकरण विवादास्पद समस्या है। जहाँ पर केवल तट का प्रयोग हो वहाँ पर इसका तात्पर्य तट तथा किनारे, दोनों से लेना चाहिये। सर्व प्रथम हम जानसन महोदय के वर्गीकरण का उल्लेख करेंगे। यह स्मरणीय है कि जानसन ने केवल किनारे (Shore lines) का वर्गीकरण प्रस्तुत किया है।

**जानसन का वर्गीकरण (Classification of Shorelines by Johnson)**—जानसन महोदय ने सन् 1919 ई० में किनारों का आनुवंशिक वर्गीकरण (Genetic classification) प्रस्तुत किया, जिसके अनुसार किनारों को चार भागों में विभक्त किया गया है। इस विभाजन के दो प्रमुख आधार हैं—1. सागर-तल के परिवर्तन से पहले किनारे वाले स्थल की प्रकृति या स्वभाव, अर्थात् सागर तल के परिवर्तन के पहले किनारा उच्च भाग था या निम्न भाग, तथा 2. सागरीय तल के परिवर्तन के कारण किनारे का जलमग्नन (Submergence) तथा उन्मज्जन (Emergence)। उपर्युक्त आधार पर जानसन ने किनारों का वर्गीकरण निम्न रूप में प्रस्तुत किया है—

1. उन्मज्ज सागरीय किनारे (Shorelines of Emergence)।

2. जलमग्न सागरीय किनारे (Shorelines of Submergence)।

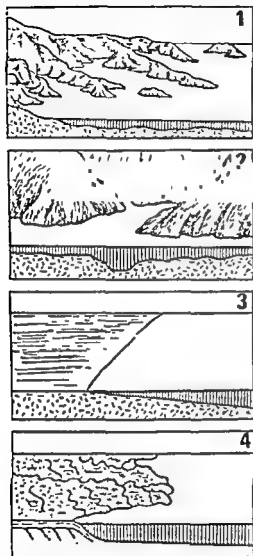
3. उदासीन सागरीय किनारे (तटस्थ किनारे—Neutral Shorelines)।

4. मिश्रित सागरीय किनारे (Compound Shorelines)।

(i) उन्मज्ज सागरीय किनारा—(Shorelines of Emergence)—इसका निर्माण उस समय होता है जब कि सागर या झील की तली ऊपर की उठती है। उन्मज्ज किनारे का दो रूपों में विकास हो सकता है। या तो सागर-तल किनारे की अपेक्षा नीचा हो जाय या किनारे का भाग ही सागर-तल से ऊपर उठ जाय। हिमचादर के निर्माण के समय सागरों का अधिकांश जल पब हो जाता है जिस कारण सागर-तल नीचे गिर जाता है। इसी हिमचादर के स्थल खण्डों से हटते समय भार कम हो जाने से सागर-तल की अपेक्षा स्थल भाग ऊपर उठते हैं।

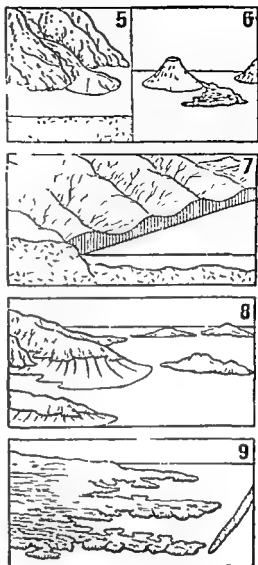
(ii) जलमग्न सागरीय किनारा (Shorelines of Submergence)—जब किनारे का भाग सागर-तल

की अपेक्षा नीचा हो जाता है तथा उसका कुछ भाग डूब जाता है तो उसे जलमग्न किनारा कहते हैं। इस तरह के किनारे का निर्माण दो रूपों में हो सकता है, या तो स्थल भाग नीचे चला जाय या सागर-तल उठ जाय। हिमचावर के पिघलने से प्राप्त जल के कारण सागर-तल ऊँचा हो जाता



चित्र 311—सागरीय किनारे (Shore lines) के प्रकार—1 रियाटट (जलमग्न) 2 फियोर्डटट (जलमग्न), 3 तटीय मैदानवाला तट (जलमग्न) तथा 4. डेल्टाई-किनारा (उदासीन तटस्थ तट-Neutral)।

है, जिनका किनारा जलमग्न हो जाता है। इसी तरह हिमानीकरण के समय हिमच्छादन के कारण स्थल भाग



चित्र 312—सागरीय किनारे के प्रकार 5. जलमग्न मैदान-तट, 6. जलमग्न जलमग्न जलमग्न किनारा, 7. घट (Fault) जलमग्न किनारा, 8. जलमग्न किनारा (Shoreline of Submergence followed by Emergence) तथा 9. जलमग्न किनारा (Shoreline of Emergence followed by Submergence)

भार के कारण नीचा हो जाता है जिनका किनारा जलमग्न हो जाता है। जलमग्न जलमग्न न जलमग्न किनारा के अन्तर्गत दो उपविभागों का उद्भव होता है—(अ) रिया किनारा (Ria shorelines)—इसका निर्माण भूस्थलीय अपरदन (Subaerial erosion) द्वारा होता



वित स्थल के आशिक रूप से जलमग्न होन से ज्ञात है। वास्तव में नदियों की एस्चुअरी (Estuary) के जलमग्न हो जाने से रिया का निर्माण होता है। रिया किनारा कीपाकार (Funnel shaped) होता है तथा स्थल की ओर सक्का होता है। इस तरह रिया के शीर्ष भाग पर नदी का मुहाना तथा दूसरे सिरे पर खुला सागर होता है। (ब) फियोर्ड किनारा (Fiord shorelines)—हिमानी-कृत द्रोणी (Glacial troughs) के जलमग्न हो जाने से फियोर्ड किनारे का निर्माण होता है। हिमानी-करण के समय हिम नदियाँ (Glaciers) तट के पास गहरी घाटियों का निर्माण करती हैं। बाद में हिम के पिघलने के कारण प्राप्त जल से सागर-तल के ऊपर उठने से ये घाटियाँ जलमग्न हो जाती हैं तथा फियोर्ड का निर्माण होता है।

(iii) उदासीन किनारा या तटस्थ किनारा (Neutral Shorelines)—इस तरह के सागरीय किनारे का निर्माण न तो उन्मज्जन द्वारा होता है और न निमज्जन द्वारा ही, क्योंकि उदासीन किनारों के पास उन्मग्न या जलमग्न होने का कोई भी प्रमाण नहीं मिलता है। वास्तव में उदासीन किनारे का निर्माण मरूदा के निक्षेपण से होता है। इस किनारे के अंतर्गत जानसन ने छ प्रकार के किनारों का उल्लेख किया है 1. डेल्टा किनारा (Delta shorelines), 2. जलोढ मैदान किनारा (Alluvial plain shorelines), 3. हिमनद अवक्षेप किनारा (Outwash plain shorelines), 4. ज्वालामुखी किनारा (Volcanic shorelines), 5. प्रवाल-भित्ति किनारा (Coralreef shorelines) तथा 6. भ्रष्ट किनारा (Fault shorelines)।

(iv) मिश्रित किनारा (Compound shorelines)—जहाँ पर उन्मज्जन तथा जलमज्जन (Emergence and submergence) दोनों के प्रमाण मिलते हैं, वहाँ पर मिश्रित किनारा होता है। प्लीस्टोसीन हिमानीकरण के समय हिमचादर के पिघलने के कारण प्राप्त जल से सागर तल में उभार के कारण किनारों का जलमज्जन होने लगा, परन्तु स्थल भाग से हिमचादर के हट जाने के कारण भार में कमी आ जाने से थल भाग के ऊपर उठने से किनारों में पुनः उन्मज्जन प्रारम्भ हो गया। इस तरह के प्रभाव वाले किनारों को मिश्रित किनारा (Compound shorelines) कहते हैं। यूरोप के नार्वे तथा स्वीडन का मध्यवर्ती भाग तो अब भी ऊपर उठ रहा है।

जानसन के वर्गीकरण का मूल्यांकन (Evaluation of Johnson's Classification)—जानसन के वर्गीकरण में कई गुणों के होते हुए भी उसकी आलोचना भी की गई है। जानसन के कई समर्थकों ने इस वर्गीकरण को आलोचना के प्रहार से बचाने का प्रयास भी किया है। जानसन महोदय ने स्वयं भी अनेक आलोचनाओं तथा आशंकाओं का समाधान करने का भरमक प्रयास किया है। तब महोदय (J. B. Lucke, 1938) ने जानसन के वर्गीकरण का घोर समर्थन किया है तथा इस वर्गीकरण में कई गुण बताये हैं—1. जानसन का वर्गीकरण साधारण तथा बोधगम्य है। 2. यह एक पूर्ण तथा सुनिश्चित वर्गीकरण है। 3. यह एक आनुवंशिक (Genetic) वर्गीकरण है। 4. इसे आसानी से व्यवहार में लाया जा सकता है तथा 5 यह अन्य वर्गीकरणों से अधिक व्यवस्थित है। समर्थन के अलावा इस वर्गीकरण की आलोचना भी की गई है। प्रमुख आलोचकों में शेपर्ड महोदय (F. P. Shepard, 1937 तथा 1938) उल्लेखनीय हैं। चूंकि प्रायः प्रत्येक किनारे पर जलमज्जन के लक्षण मिलते हैं, अतः शेपर्ड के अनुसार जानसन का किनारों का उन्मग्न, तथा जलमग्न, दो रूपों में वर्गीकरण न्यायोचित नहीं है। प्रत्येक किनारे, इस तरह मिश्रित हो सकते हैं। शेपर्ड ने बताया कि जानसन के विचारों से यह झलकता है कि अपतट रोधिकाएँ (Off shore bars) उन्मग्न किनारों (Shore line of emergence) की परिचायिका होती हैं परन्तु यह सत्य नहीं है। यहाँ पर उल्लेखनीय है कि शेपर्ड का यह विरोध असंगत है, क्योंकि जानसन ने अपने मौलिक वर्गीकरण में इस तरह का कहीं भी उल्लेख नहीं किया है। इनके समर्थकों ने बाद में अज्ञानतावश इस तरह का उल्लेख कर दिया है। अतः इसे जानसन का दोष नहीं मानना चाहिए। शेपर्ड ने डेल्टा किनारों को उदासीन किनारों का रूप मानने से असहमति प्रकट की है, क्योंकि डेल्टाई भागों में भी जलमज्जन या अवतलन (Submergence or subsidence) के उदाहरण मिलते हैं। उदाहरण के रूप में इन्होंने मिसिसिपी डेल्टा को प्रस्तुत किया है। इस तरह 'डेल्टा किनारा' उदासीन किनारा नहीं हो सकता है। शेपर्ड के अनुसार जानसन ने अपने वर्गीकरण में हिमानीकरण (Glaciation) के समय हिमच्छादन के पिघलने के कारण सागरतल में होने वाले स्थैतिक परिवर्तनों (Eustatic changes in sea level due to glaciation and deglaciation) को ध्यान

में नहीं रखा है। जानसन महोदय (D W Johnson 1948) ने अपने दो लेखों में अपने वर्गीकरण से सम्बन्धित आलोचनाओं के निराकरण का सफल प्रयास किया है। उन्होंने बताया कि अपतट रोषिकायें (Offshore bars) कई प्रकार के तटों की विशेषताएँ हो सकती हैं, परन्तु उन्हीं के आधार पर किनारों का वर्गीकरण नहीं किया जा सकता है। इस तरह "विशेषता" (Characteristics) तथा "कसोटो" (Criterion) को स्पष्ट रूप से समझना चाहिए। वास्तव में जानसन ने कुछ विचित आकृतियों की विशिष्ट प्रकार के तट या किनारे की विशेषता के रूप में बताया था परन्तु जाना-बकी ने उन उल्लिखित विशेषताओं को किनारे के वर्गीकरण का आधार (कसोटो) समझ लिया। जानसन ने पुनः बताया कि किनारों का वर्गीकरण सामान्य-तल के परिवर्तनों को पूर्णतया ध्यान में रख कर किया गया था। सागर-तल का परिवर्तन जानसन के अनुसार हिमानी नियंत्रण (Glacial control) के कारण ही होता है।

**शेपर्ड का वर्गीकरण (Shepard's Classification of Coasts)**—सर्वप्रथम सन् 1937 ई० में शेपर्ड महोदय (F P. Shepard) ने केवल तटों (Coasts) का वर्गीकरण प्रस्तुत किया था, जिसकी सफ महोदय द्वारा कटु आलोचना की गई। शेपर्ड के 1937 के वर्गीकरण में सफ ने चार प्रमुख दोष बताये थे—1. शेपर्ड का वर्गीकरण किनारे का न होकर केवल तट का ही वर्गीकरण है। 2. शेपर्ड के वर्गीकरण का मुख्य आधार तटीय चार्ट (Coastal charts) है, जो कि तटों या किनारों के वर्गीकरण के लिए समर्थ नहीं है। 3. यह वर्गीकरण तट के विकासीय परिवर्तनों (Evolutionary changes) के विषय में विवरण प्रस्तुत करने में असमर्थ है। 4. इस तरह कुछ किलाकर शेपर्ड का वर्गीकरण अधूरा है। सन् 1938 ई० में शेपर्ड ने अपने वर्गीकरण के विरोध में बताई गई आलोचनाओं का निराकरण एक लेख द्वारा किया।<sup>1</sup> सन् 1948 ई० में शेपर्ड ने अपने पहले वाले वर्गीकरण में सुधार करते एक ऐसे नवीन वर्गीकरण का प्रतिपादन किया, जिसमें तट तथा किनारों, दोनों को सम्मिलित किया गया था।

इस तरह अपने सञ्शोधित वर्गीकरण द्वारा शेपर्ड ने अपनी जनेक आलोचनाओं का निराकरण स्वयं कर लिया। नीचे शेपर्ड के सञ्शोधित वर्गीकरण के मूलस्वरूप को प्रस्तुत किया जा रहा है—शेपर्ड ने अपने इस नवीन वर्गीकरण का मुख्य आधार तट के विकास की अवस्था तट के निर्माण तथा विकास में मलग्न कारक आदि को बनाया है। सर्वप्रथम तट को आकृतियों के निर्माण में सहायक साधनों के आधार पर तट तथा किनारे को दो मुख्य भागों में विभाजित किया गया है—1. प्राथमिक तट तथा किनारे—जिनकी रचना गैर सागरीय शक्तियों (Non marine agencies) द्वारा हुई है।

2. द्वितीयक या गौण तट तथा किनारे—जिनकी रचना सागरीय शक्तियों द्वारा हुई है। पुन इसका उप-विभाजन अपरदन निक्षेप, निमज्जन उन्मज्जन उभयन (Upwarping) जलसंचयन (Down warping) ज्वालाला मुथी शिखर आदि आधारों पर किया गया है।

(अ) प्राथमिक या तट तथा किनारे (Primary or Youthful Coasts and Shorelines)—इसकी रचना में गैर सागरीय शक्तियाँ अर्थात् स्थलीय शक्तियों का ही साथ रहता है। इनको पुनः चार उपविभागों तथा 12 गौण भागों में विभाजित किया जाता है।

1. स्थल पर अपरदन द्वारा निमित्त तथा हिमचावर के हटने या अवसवलन (Down warping) के कारण तल में उभार (Rise) के कारण जलमग्न तट तथा किनारे।

1. जलमग्न नदी तट (गिरा तट) (Drowned river coasts)।

11. हिमानी हट जलमग्न तट (Drowned glaciated coasts—फ्रियोडें)।

2. स्थलपर निक्षेप द्वारा निमित्त तट।

अ—नदी निक्षेप द्वारा बने तट।

1. डल्टा तट।

2. जलमग्न या दूध दूए जलमग्न मैदान तट (Drowned alluvial plain coasts)।

ब—हिम-निक्षेप द्वारा निमित्त तट।

1. आनिक रूप में निमज्जन (Submerged) हिमाल तट।

## 3. आशिक रूप से निमज्जित इमिलन तट ।

स—वायु निक्षेप-जनित तट ।

द—वनस्पति जनित तट (Vegetation extended coasts) ।

## 4. ज्वालामुखी-क्रिया द्वारा रचित तट (Coasts Shaped by Volcanic activity) ।

1. अभिनव-लावा-प्रवाह पर रचित तट (Coasts on recent lava flows) ।

2. ज्वालामुखी के कारण ध्वस्त होने या ज्वालामुखी के विस्फोट होने या फटने से निमित्त किनारा ।

## 5. गटल विकृपण द्वारा रचित तट (Coasts Shaped by Diastrophism) ।

1. भ्रंश कगार तट (Fault scarp coasts) ।

2. वलित शील पर रचित तट—(Coasts on folded rocks) ।

(ब) द्वितीयक या प्रौढ़ावस्था के तट तथा किनारे—इनकी रचना में सागरीय शक्तियों (Secondary or Mature Coasts and Shorelines) का ही हाथ रहता है ।

## 1. सागरीय अपरदन द्वारा रचित किनारा

(Shorelines shaped by marine erosion) ।

1. ज्ञातरीय अपरदन द्वारा सींग किया हुआ किनारा (Shorelines straightened by marine erosion) ।

2. सागरीय अपरदन द्वारा असमान या टेढ़ा-मेढ़ा किनारा (Irregular shorelines by marine erosion) ।

## 2. सागरीय निक्षेप द्वारा रचित तट तथा किनारा ।

1. सीधे किनारे (Straightened shorelines) ।

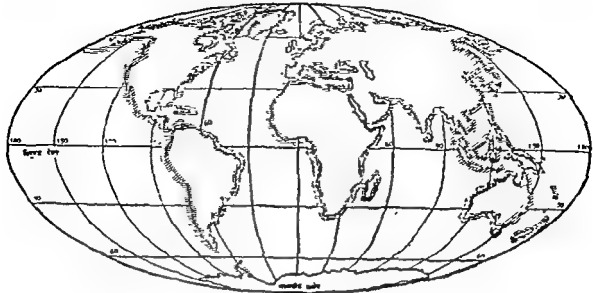
2. समुद्रोन्मुखी तटीय प्रसार द्वारा निमित्त किनारा (Prograded shorelines) ।

3. अपतट रोधिकायें तथा बेलाचली स्पिट युक्त

किनारा । (Shorelines with offshore bars and long shore spits) ।

## 4. प्रवाल भित्ति द्वारा रचित तट (Coralreef coasts) ।

निष्कर्ष (Conclusion)—ऊपर जिन दो प्रमुख वर्गीकरणों का उल्लेख किया गया है, वे यद्यपि अभिनव वर्गीकरण (Recent classification) ही माने जाते हैं तथापि उनको पूर्ण समर्थन प्राप्त नहीं है । स्वेस ने तटों को प्रशान्त-तुल्य तट (Pacific-type coasts) तथा अटलांटिक-तुल्य तट (Atlantic-type coasts) इस तरह दो प्रकारों में विभाजित किया है । प्रशान्त-तुल्य तट वलित पर्वतों के समानान्तर होते हैं तथा अटलांटिक तुल्य तट, महाद्वीपीय मरचना से स्वतन्त्र रूप में होते हैं, खासकर संरचना के अनुप्रस्थ (Transverse) होते हैं । Von Richtchofen नामक विद्वान् ने तटों को पाँच प्रकारों में विभाजित किया है । 1. अनुदैर्घ्य तट (Longitudinal coast)—यह तट स्थलीय संरचना के समानान्तर होता है । 2. अनुप्रस्थ तट (Transverse coast)—यह तट स्थलीय संरचना की बाड़ी दिशा में होता है । 3. डूबी हुई या जलमग्न बेसिन के तट (Coasts of the margins of foundered basins), पश्चिमी रूम सागर के किनारे के तट इस व्यवस्था में आते हैं । 4. ब्लॉक तट (Block coasts)—वास्तव में ये पठार के किनारे वाले तट होते हैं । 5. प्रादेशिक जलोढ़ तट (Regional alluvial coasts) । यदि इस वर्गीकरण को ध्यानसे देखा जाय तो प्रथम तथा तृतीय प्रकार के तट स्वेस के पैसिफिक-तुल्य तट के अन्तर्गत रखे जा सकते हैं तथा ब्लॉक तट तथा द्वितीय प्रकार के तटों को स्वेस द्वारा बताये गये अटलांटिक-तुल्य तट के अन्तर्गत सम्मिलित किया जा सकता है । काटन महोदय ने सन् 1942 ई० में तटों का वर्गीकरण प्रस्तुत किया । परन्तु अपनी पुस्तक 'Geomorphology' (1945) इन्होंने उन्मग्न तथा जलमग्न तटों का ही उल्लेख किया है । इन्होंने उदासीन (तटस्थ) तथा मिश्रित तटों का उल्लेख नहीं किया है । इस तरह हम देखते हैं कि तटों तथा किनारों का यदि अलग-अलग वर्गीकरण किया जाता है तो उनमें अतिव्यापन (Overlapping) ही होता है । अतः तट तथा किनारे को अलग-अलग न समझ कर एक ही समझना चाहिये तथा इनका वर्गीकरण एक ही होना चाहिये ।



समुद्र तटों का विकास और अपरदन-चक्र का चित्र

चित्र 313—सागरीय तट के प्रकार ।

### सागरीय किनारों का विकास तथा अपरदन-चक्र (Development of Shorelines and Cycle of Erosion)

सामान्य परिचय—सागरीय तटों तथा किनारों का विकास निश्चित रूप से एक चक्रीय व्यवस्था के अन्तर्गत होता है। सरिताओं के समान ही सागरीय किनारों पर स्थित रूपों का विकास विभिन्न अवस्थाओं में होता है। चूँकि तट तथा किनारे आपस में पर्याप्त भिन्न होते हैं, जत उनका अपरदन-चक्र भी पर्याप्त भिन्न होता है। सागरीय किनारों के उन्मूलन किनारे (Shorelines of emergence) तथा अस्तमूलन किनारे (Shorelines of submergence) दो रूपों के साथ अपरदन-चक्र का विकास अलग-अलग होता है तथा दोनों में पर्याप्त भिन्नता होती है। इसी कारण से दो विभिन्न प्रकार के किनारों के अपरदन-चक्र का अध्ययन अलग-अलग किया जाता है। सागरीय किनारों के अपरदन-चक्र में मरुति सागरीय तरंगों तथा धाराओं का हाथ सर्वाधिक रहता है परन्तु अपघाय (Weathering) तथा उसके प्रभावित भूमिस्खलन (Land slides) एवं अव-पतन (Slumping) और कुछ मीमा तक सरिताओं का भी हाथ रहता है। कुल मिलाकर सागरीय तट के प्रभुत्व के कारण किनारों के अपरदन-चक्र को "सागरीय अपरदन-चक्र" (Marine cycle of erosion) की ही मर्यादा प्रदान की जाती है। जिस तरह नदी द्वारा अपरदन-चक्र

बीच ही में अभ्यवस्थित तथा बाधित (Interrupted) हो जाता है तथा पुन नवीन चक्र प्रारम्भ होता है उसी तरह सागरीय किनारों के चक्र में भी व्यवधान उपस्थित हो जाता है। सागरीय चक्र का व्यवधान मुख्य रूप से भूपदमनो संचलन (Crustal movements—उत्थवनन upwarping, अवसवनन—downwarping, उत्थान—upliftment अवतनन—subsidence चलन—fold ing, प्रगलन—faulting आदि) से ही उपस्थित होता है। तट तथा किनारों के स्थितरूपों का विकास वही ही संरचना, नगरी प्रकृति तट के विन्यास या संरूपण (Configuration of coasts) तथा तरंगों एवं धाराओं की शक्ति तथा प्रकृति पर आधारित होता है। भौगोलिक रूप में सागरीय अपरदन-चक्र तथा उसका प्रोक्ष-वस्था तथा जीर्णारस्था में सुदृढता है परन्तु 'जीर्णारस्था' के तट के उत्थाहरण बहुत ही कम मिलते हैं। सागरीय किनारों के अपरदन-चक्र के पूर्ण रूप में मर्यादित होने के निम्न आवश्यक है कि किनारा एक नये समय तक स्थिर रहे। यह दमा कबल भौगोलिक रूप में ही सुलभ है, प्रभाव में नहीं, क्योंकि जस्थिर भूपदों के अन्तर्गत जनों (Endo-genetic forces) के कारण पदमनिकप्रकारों संचलनों (Diastrophic movements) के कारण माप-पत्र में परिवर्तन तथा स्थानांतरण में उत्थान तथा अवतन आदि दिने होते रहते हैं। सागरीय अपरदन-चक्र की जराबाये

किनारे की च न तथा सागरीय तरङ्गों की शक्ति पर आधारित होने से एक ही किनारे पर कभी-कभी अलग-अलग रूप में सम्पादित होती है। अर्थात् एक ही किनारे के सहारे कहीं पर युवावस्था तो कहीं पर प्रौढ़ावस्था का विकास हो सकता है। अब उत्पन्न तथा जलमग्न किनारों पर अपरदन-चक्र का अलग-अलग उल्लेख किया जायेगा।

### जलमग्न किनारे पर अपरदन-चक्र (Cycle of Erosion of Shorelines of Submergence)

**प्रारम्भिक अवस्था**—जलमग्न किनारे के चक्र की प्रारम्भिक अवस्था किनारे के जलमग्नन से प्रारम्भ होती है। अर्थात् किनारे सागर-तल से नीचे चले जाते हैं जिससे अधिकांश किनारा डूब जाने के कारण जलमग्न हो जाता है। जलमग्न दो रूपों में हो सकता है—या तो सागर-तल में उभार (Rise) हो जाय, जिस कारण सागरीय किनारा जलमग्न हो जाय, या सागरीय किनारा का ही अवतलन हो जाय, जिससे वह वास्तविक सागर-तल से अधिक नीचा हो जाने से जलमग्न हो जाय। जलमग्नन के कारण निमित्त जलमग्न किनारे का चक्र से पहले का प्रारम्भिक रूप अत्यन्त असमान होता है। नदियों द्वारा निमित्त पाटी या हिमानीकृत घाटियों के जलमग्नन के कारण जलमग्न किनारों पर अनेक निकले हुए शीर्षस्थल (Head lands), खाडियाँ (Bays), प्रायद्वीप (Peninsulas) तथा असंख्य द्वीपों का आविर्भाव होता है। यदि सपाट जलोढ़ मैदान, डेल्टा या हिम मैदान का जलमग्नन होने से जलमग्न किनारे का आविर्भाव होता है तो किनारा अधिक असमान नहीं हो पाता है। जलमग्न किनारा या तो रिसा तट (Ria coast) होता है या फियोर्ड। जलमग्नन के कारण नदियों का निचला भाग (जो कि सागर में गिरता है) विच्छिन्न (Dismember) हो जाता है। संयुक्त राज्य अमेरिका की चेसापीक खाड़ी (Chesapeake Bay) के जलमग्नन के कारण सस्क्वेहन्ना नदी (Susquehanna River) की सहायक नदियाँ जेम्स, पोटामक आदि विच्छिन्न (Dismembered) हो जाने के कारण वर्तमान समय में अलग-अलग प्रवाहित होती हैं तथा प्रत्येक स्वतन्त्र नदी हो गई है। अन्तर्संरिता कटक (Inter-stream ridges) जलमग्नन के बाद सागर की ओर शीर्षस्थल (Head lands) के रूप में निकले रहते हैं। जलमग्नन के पूर्व

स्थित तट की स्थलाकृति तथा उस भाग की शैल-सरचना के अनुसार जलमग्न किनारे की प्रारम्भिक अवस्था भिन्न-भिन्न हो सकती है, परन्तु कुछ को छोड़कर जलमग्न तट का प्रारम्भिक रूप अत्यन्त असमान होता है। इस प्रारम्भिक अवस्था के साथ ही सागरीय तरंगों तथा धाराओं द्वारा तट तथा किनारे पर अपरदन प्रारम्भ हो जाता है तथा किनारा चक्र की तरण, प्रौढ़ तथा जीर्ण अवस्थाओं से होकर गुजरने लगता है। विभिन्न अवस्थाओं में उत्पन्न स्थलाकृतियों तथा उनकी विशेषताओं का नीचे सक्षिप्त उल्लेख किया जा रहा है—

**तरुणावस्था (Youthful stage)**—जलमग्न तट के आविर्भाव के साथ ही प्रारम्भिक युवावस्था या तरुणावस्था का श्रीगणेश होता है तथा तरंगें तट के पास अपरदन करना प्रारम्भ कर देती हैं, जिस कारण 'विशेषक अपरदन' (Differential erosion) द्वारा सागरीय किनारा अत्यन्त टेढ़ा-मेढ़ा एवं असमान हो जाता है। प्रारम्भिक तरङ्ग-अपरदन के कारण तट के सहारे कोमल चट्टानें शीघ्र कट जाती हैं तथा अपेक्षाकृत कठोर चट्टानें सागर की ओर निकली होती हैं। इस तरह तट के पास लघु भिवेधिकायें (Coves) बनती हैं। स्थल का सागर की ओर निकला हुआ भाग "शीर्षस्थल" (Head land) का रूप धारण कर लेता है। इन आकारों के कारण सागरीय किनारा सुक्ष्मदन्ती (Crenulate) हो जाता है, अर्थात् कुछ भाग निकला रहता है तथा कुछ भाग स्थल की ओर घुसा रहता है। सागरीय तरंगें तट से टकरा कर विलफ का निर्माण करती हैं परन्तु प्रारम्भिक तरुणावस्था में विलफ साधारण जैबाई वाला तथा अविकसित रूप वाला ही होता है। तरंगें धीरे-धीरे तट की ओर अपरदन करके तरङ्ग घवित प्लेटफार्म या वेविका (Wave-cut platform) का निर्माण करती हैं। ये प्लेटफार्म प्रारम्भिक अवस्था में सँकरे तथा कम विस्तृत होते हैं परन्तु अपरदन के साथ-साथ इनका विस्तार होता रहता है। यद्यपि प्रारम्भिक तरुणावस्था में अपरदन का ही प्रभुत्व रहता है, परन्तु कुछ निक्षेपण द्वारा अस्थायी स्थलरूपों का भी विकास हो जाता है। उदाहरण के लिये दृष्ट किनारे (Back shore) पर अस्थायी पुलिन (Beach) का निर्माण हो जाता है। तरङ्ग घवित प्लेटफार्म पर अपरदन के कारण महाराज (Arch), स्टैक (Stack), फव्वारा (Caves) तथा प्राकृतिक चिमनी (Natural chimneys) का विकास होता है। वास्तव में ये आकृतियाँ अपरदन के अवशिष्ट भाग ही होती हैं।

सागर की ओर निकलने हुये गोपेस्थलों (Head-lands) में अपरदन द्वारा तरंगें बन्दरा का निर्माण करती हैं। जब एक गोपेस्थल के दो किनारों पर निमित्त कन्दराएँ विस्तार द्वारा आपस में मिल जाती हैं तो जल उनके आग-आ- होकर चले लगता है। इस तरह महाराव (Arch) का निर्माण होता है। महाराव की छत जब बूढ़ जाती है तो गोपेस्थल का सागर की ओर का भाग विनार में डूब हो जाता है, जिस कारण छोटे-छोटे द्वीपों का निर्माण होता है। प्राग्भित्त तरणावरथा में ये द्वीप जाड़ा में बड़े होते हैं किन्तु मर्याद में कम होते हैं।

पूरा या अन्तिम तरणावस्था के समय तरङ्ग घटित प्लेटफार्म (Wave-cut platform) अत्यधिक विस्तृत हो जाता है। अपरदन के कारण गोपेस्थलों का नीचे होने लगता है तथा इस अवस्था में अन्त तक अधिकांश गोपेस्थल में डूब हो जाता है। निक्षेप का काम प्रगति पर होता है। सागराव विनार के सहारा पुलिन (Beaches) का रूप पैमाने पर निर्माण हो जाता है। किनारे के पास तला दूर विभिन्न स्थानों पर तरङ्ग-तरङ्ग की राधिका-रा (Bars) का निर्माण होता है। अपतट रोधिका (Off shore bars) संयोजक राधिका (Connecting bars) स्पिट (Spit), हुक (Hook), लूप या लूरा (Loop), लूप या लूपदार राधिका (Looped bars) तथा टम्बोला (Tombolo) का निर्माण हो जाता है। धादियों के विभिन्न भागों में विभिन्न प्रकार की राधिका-रा का निर्माण होता है। उदाहरण के लिए घाटी के गोपे भाग में घाटी गोपे रोधिका (Bayhead bars), घाटी के मध्य भाग में मध्य घाटी रोधिका (Mid bay bars) तथा घाटी के मुँह पर घाटी मुँह रोधिका (Bay mouth bars) का निर्माण होता है। सागराव विनार के सहारे तरङ्ग घटित प्लेटफार्म के ऊपरी भाग (किनारे के पास) पर निमित्त विस्तृत पुलिन (Beaches) के अलावा गोपेस्थल के सहारा गोपेस्थल पुलिन (Headland beach) घाटी के नीचे भाग के सहारा घाटी गोपे पुलिन (Bay head beach) का निर्माण हो जाता है। जब घाटी मुख राधिका-रा के बीच बन्द जल सैगून (Lagoons) का रूप धारण कर लेता है। जब सैगून का सागराव भाग में नहीं हो पाता है तो नदियों द्वारा निर्देश के कारण सैगून अपना रूप आगे

ले तथा कभी कभी तलछट भरकर झील में बदल जाता है। परन्तु प्रायः ऐसा होता है कि उबारीय तरंग घाटी मुख रोधिका-रा के स्थान-स्थान पर तोड़ कर सैगून में पहुँच जाती हैं, जिसमें सैगून का सम्बन्ध सागर से हो जाता है। जिन भागों में होकर उबारीय तरंगें सैगून में प्रविष्ट होती हैं उन्हें उबारीय प्रवेशद्वार (Tidal inlets) कहते हैं। अपतट रोधिका-रा (Off shore bars) के पीछे तथा सागराव किनारों के मध्य (रोधिका तथा किनारे के मध्य) भी सैगून का निर्माण हो जाता है। इस अवस्था में भित्त (Cliff) का पूर्ण विनाश हो जाता है, जिस कारण विनार का अल तोड़ तथा गड़ा रहता है। भित्त का ऊपरी भाग सागर की ओर रहता अधिक निकला रहता है कि नीचे अधो-आधार में आश्रय न मिलने के कारण वह टूट कर सागर की ओर गिरने लगता है जिसमें भित्त पीछे की ओर अधो-स्थल की ओर सरकने लगता है। इस क्रिया के कारण "तरङ्ग घटित प्लेटफार्म" का अधिक विस्तार होता रहता है। घाटी के विनार पर भी भित्त का निर्माण होता है। भापस्थल (Headland) तथा घाटी के दोनों किनारों पर स्पिट (Spit) का निर्माण इस तरह होता है कि वे एक-दूसरे से जुड़ने लगते हैं। इन पक्षयुक्त गोपेस्थल (Winged headlands) कहते हैं। घाटी का मध्य अधिक हो जाता है, किन्तु उनका आकार अधिक छोटा होता है।

प्रोढ़ावस्था (Maturity) प्रोढ़ावस्था में जाना जाता है। तरणावस्था के अधिकांश स्थलों का रूप जान लगता है। तरङ्गों द्वारा अपरदन तथा निक्षेप के कारण विनार के विभिन्न भागों का रूप लगता हो जाता है कि दो पक्षीय अधिभूत होता है वह नीचे की ओर सरक जाता है या उधर तरङ्गों द्वारा पोरबहेन हो जाता है, अर्थात् अपरदन तथा निक्षेप के पूरा सामन्त-सम हो जान के कारण सामन्त-वस्था की परिच्छेदिका (या मन्तु) से परिच्छेदिका Profile of equilibrium) का विकास हो जाता है। तट के पास भित्त तथा ग्राह्यता के मुख पर जब भी राधिका-रा निर्माण पड़ती है, परन्तु भित्त के अपरदन तथा अपरदन (Weathering) अधिभूत होने से वह निरन्तर गिरता होता जाता है। उबारीय तरंग राधिका-रा का स्थान-स्थान पर तोड़कर प्रवेश भाग (Inlets) में होकर सैगून में प्रवेश करता है। सैगून तथा नदियाँ द्वारा सैगून छोड़ घाटी भर कर सैगून



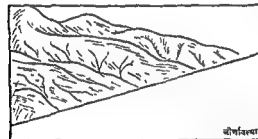
सीधा-समतल किनारा



समतल किनारा



प्रोढ़ावस्था



जीर्णवस्था

चित्र 314—जलमग्न किनारे पर अपरदन-चक्र का विकास (Development of Cycle of Erosion on Shoreline of Submergence)।

में बढ़ती जाती है, जिनका तल ज्वारीय जल-तल के बराबर होता है। ज्वार के समय ज्वारीय तरंगें इन दलदलों को जलप्लावित कर देती हैं। प्रोढ़ावस्था की अन्तिम अवस्था में निक्षेप जलित विभिन्न प्रकार की रोधिकायें, स्पिट, हुक, टोम्बोली आदि का लोप हो जाता है। शीर्षस्थली (Head lands) का अधिक अपरदन हो जाने से तट या किनारा प्रायः सीधा हो जाता है। यद्यपि प्रोढ़ावस्था के समय तक किनारा

पूर्ण रूप से सीधा तथा समान (Straight and regular) नहीं हो पाता है फिर भी उद्घावस्था के असमान किनारे की अपेक्षा अधिक सीधा तथा समान हो जाता है। विलफ तीव्र गति से अपरदित होकर पीछे हटता है, जिससे उमड़ी कैंचाई तथा ढाल दोनों में कमी आती जाती है। घाटी के मुख पर स्थित रोधिकायें घाटी को भरकर किनारे तथा तट को सीधा बनाने में सतत प्रयत्नशील रहती हैं। प्रोढ़ावस्था के अन्तिम चरण तक समस्त निक्षेपजनित स्थलाकृतियाँ अदृश्य हो जाती हैं। वर्तमान समय में प्रोढ़ावस्था को प्राप्त सागरीय किनारों के उदाहरण बहुत ही कम हैं। सुन्दर दक्षिणी इटली का पश्चिमी तट तथा दक्षिणी-पूर्वी इंग्लैंड के किनारे प्रोढ़ावस्था को प्राप्त हो चुके हैं।

**जीर्णवस्था (Old stage)**—यदि तट तथा किनारा दीर्घकाल तक स्थिर रहता है तो जीर्णवस्था का भी भौतिक रूप में (कम से कम) विकास हो जाता है। तट के स्थलीय भाग के अपरदन के कारको (नदी, पवन, भूनिगत जल तथा हिमानी) द्वारा अत्यधिक अपरदन द्वारा तट तथा किनारा अधिक नीचा हो जाता है। समीची स्थलछाड़ अपरदित होकर सागर-तल के बराबर हो जाता है। सागरीय तरंगों भी तट तथा किनारे का इतना अधिक अपरदन कर देती हैं कि तट तथा किनारा सागर की ओर अत्यन्त मन्द ढाल वाला हो जाता है। इस कारण सागरीय तट तथा किनारे, दोनों पर उच्चावच (Reliefs) अत्यन्त निम्न हो जाते हैं। जल तथा पल का समग्र एक सरल रेखा के रूप में दृष्टिगोचर होता है। तट रेखा भी एक सीधी रेखा के रूप में हो जाती है। वास्तव में इस तरह के तट तथा किनारे का रूप केवल सिद्धान्त में ही सम्भव होता है। वर्तमान समय में जीर्णवस्था को प्राप्त किनारे तथा तट का एक भी उदाहरण सुलभ नहीं है। इनका प्रमुख कारण यह है कि पृथ्वी की व्यस्थिरता के फलस्वरूप पटलविरूपणों (Diastrophic movement) के कारण अवतल तथा उत्थान होते रहते हैं। तट तथा किनारे अधिक समय तक स्थिर नहीं रह जाते हैं।

**उन्मग्न किनारे पर अपरदन चक्र (Cycle of Erosion on Shorelines of Emergence)**

**सामान्य परिचय**—जलमग्न तट तथा किनारे का सागरीय तरङ्गों तथा धाराओं द्वारा जब पूर्ण विकास हो जाता तो किनारे प्रायः सीधे हो जाते हैं। इस आधार पर यह विश्वास किया जाता है कि उन्मग्न तट

तथा किनारे भी प्रारम्भिक अवस्था (Initial stage) में सीधे होंगे। यद्यपि यह सम्भव हो सकता है, परन्तु यह संभव नहीं हो सकता है। मेसॉटेंसोसोयल ने यह बताया कि कई तटीय भागों में उपमहाद्वीपीय चबूतरों (Continental shelves) पर अत्यधिक अवसातों होती हैं। जब उभयज्वल (Emergence) द्वारा तट या किनारा ऊपर उठता है तो उसका जानवर भी अवसात होता है। इस तरह उभयज्वल तट या किनारे की प्रारम्भिक विशेषताएँ प्रायः पर उभयज्वल के पहले किनारे तथा महाद्वीपीय चबूतर की विशेषताओं पर आधारित होती हैं। उभयज्वल तटों का आधिपत्य दो रूपों में होता है—तट तथा किनारे का सागर-तल तथा वे अनेक अनेक उठ जाते या सागर-तल का ही तट तथा किनारे की अवस्था मोटा हो जाता।

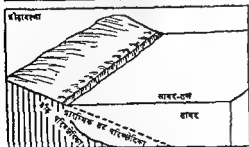
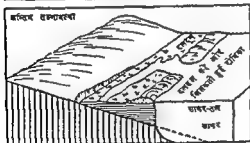
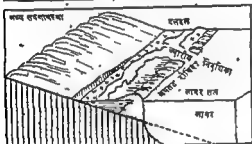
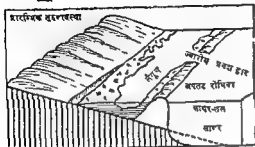
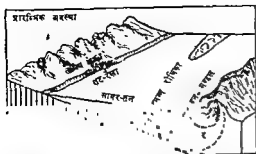
**प्रारम्भिक अवस्था (Initial stage)**—उभयज्वल सागरीय तट तथा किनार पर स्थलाकृति का विभाग मुख्य रूप से सुदूर किनारे (Off shore) के दान पर आधारित होता है। जानवरों सहोदय न उभयज्वल तट पर स्थलाकृतियों के विकास का उदाहरण नदों द्वारा यावे सुदूर किनारे को आधार मान कर ही किया है। सागरीय किनारे के पीछे सागर तटीय मैदान का विकास है जिसका विस्तार मन्द गति के साथ सागर को ओर होता है तथा इसका विस्तार जल के अंतर्गत अधिार दूरी में होता है। मेसोसोयल (समुद्र २१३ मीटर) के पश्चात् तट में दूर १३ किमी.मीटर तक तटीय मैदान का सागर में जल के अंतर्गत विस्तार पाया गया है, जिस पर जल की गहराई यथल ६ मीटर तक हो है। इस तरह उभयज्वल तट की प्रारम्भिक दशा की निम्न विशेषताएँ होती हैं—तट तथा किनारा प्रायः सीधे होते हैं, तट तथा किनार में समान तटीय मैदान का विस्तार अधिक दूरी तक होता है परन्तु इसका काल अव्ययन मन्द होता है, इस मन्द गति वाले सुदूर किनारे (Off shore) पर जल की गहराई निम्नतम कम होती है, उभयज्वल तट का सागर स्थलाकृति सम्बन्धी विषय क्रियात्मक (Unconformity) मिलता है क्योंकि उभयज्वल के पहले नदियों तटीय मैदान तथा तट की अधिक ऊँच कर कर पुनः सागर का प्रोद्धारण की पाटियों का निर्माण किट रहती है परन्तु उभयज्वल के समय कुछ स्थलाकृतिक सागरीय जल के ऊपर जा जाने पर तटियों की गहराई बढ़ जाती है, जिस कारण नदियाँ नश्वरित (न

अस्थिर) स्थल भाग पर अपरदन द्वारा नदीन पाटी का निर्माण करत लगती हैं, इस कारण तट के साथ नदी का ऊपरी भाग में पुरानी पाटियाँ तथा निचले भाग में (नागर के करीब) तरुण पाटियाँ मिलती हैं।

किनारे का जल के अन्तर्गत दान दाना मन्द होता है कि उसके सुदूर किनारे (Off shore) पर ही अधिकतर तरुण दूटने लगती हैं। तरुणों का दूटना जल की गहराई तथा तरुणों की ऊँचाई पर आधारित होता है ऊँचो-ऊँची तरुणें तट-रेखा से बड़ी किनामाटर दूर ही सुदूर किनारे पर दूट जाती हैं। जिस रेखा पर तरुणें दूटती हैं उस प्रतोइन रेखा (Plunge line) कहते हैं। इस ऊँची तथा छोटी छोटी तरुणें किनारे तथा तट तक ही पहुँच जाती हैं। इस तरह तट रेखा का पहुँचने वाली तरुणें सर्वप्रथम तट की चट्टानों में अपरदन द्वारा खाँच या वात (Notches) तथा छान छान चिन्तुक ऊँचाई तथा विषय का निर्माण करता है। इस तरह तट के आगे पर व पछाछा चिन्तुक निप (Nip) कहलाता है। ऊँची ऊँची तरुणें तट से दूर सुदूर किनारे (Off shore) पर ही दूट जाती हैं। इन दूटने वाली तरुणों का कारण उभयज्वल भू-प्रवास (Undertow) का कारण मुख्यतः सागर भाग पर सागर गहरे जल के अन्दर अवसमन मैदान पर निक्षेप हो जाता है, जिस कारण जल सागरीय राशिका (Submarine bars) का निर्माण हो जाता है। ये राशिकाएँ इस प्राथमिक अवस्था तक जल के दूर ही विरहित रहना रहती हैं। प्रीत-धीरे इन राशिकाओं की ऊँचाई में वृद्धि होती जाती है। ये अवसागरीय राशिकाएँ प्रायः सागर तट से समानान्तर होती हैं। परन्तु जल ही ये राशिकाएँ स्थान स्थान पर ही व दूर दूर स्थित लगती हैं जैसा ही अपरदन की की गहराई प्रारम्भ हो जाती है।

**तरुणावस्था (Youthful Stage)**—उभयज्वल तट का तरुणावस्था का विकास विभिन्न दिशा में हो सकता है। सीधे अग्रगमन बताया है। उदाहरण के रूप में सागर सहोदय नदी-सागर की प्रारम्भिक मन्द तथा मन्द गति वाले अवस्था में विवक्षित किया है। उदाहरण के रूप में तरुणावस्था का प्रारम्भ का अवसमन मैदान का विकास है कि अवसागरीय राशिकाओं का विकास होता है। परन्तु ये राशिकाएँ स्थलाकृतिक नहीं होती हैं। इनका मुख्य





चित्र 315—उन्मन्न किनारे (shoreline of Emergence) का विकास ।

ही भाग स्थान-स्थान पर जल के ऊपर दृष्टिगत होता है। धीरे-धीरे ये राधिकायें विस्तृत होकर आपस में

मिल जाती है तथा एक सुव्यवस्थित अपतट रोधिका (Off shore bar or barrier) के रूप में परिवर्तित हो जाती है। इस तरह अपतट रोधिकाओं द्वारा किनारे का बाह्य भाग और निपतट रेखा (Nipped coast line) द्वारा आन्तरिक भाग का निर्धारण होता है। जब तक अपतट रोधिकाओं का पूर्ण विकास नहीं हुआ रहता है, तब तक निपतट-रेखा का छोटी-छोटी मागरीय तरङ्गों द्वारा अधिक अपरदन होता है, परन्तु अपतट रोधिकाओं के निर्मित हो जाने तथा उनके जल के ऊपर आ जाने पर निपतट-रेखाओं का अपरदन नहीं हो पाता है, क्योंकि अपतट रोधिकायें निपतट रेखाओं को तरङ्ग-अपरदन के विपरीत संरक्षण प्रदान करती हैं। निपतट रेखा तथा अपतट रोधिकाओं के बीच स्थित जल सँगुन (Lagoon) का रूप धारण कर लेता है। तरुण उन्मन्न तट की सबसे बड़ी विशेषता इन्हीं सँगुन की स्थिति है। अपतट रोधिकाओं के निर्माण के लिए प्रायः सामग्री के स्रोत-स्थल के विषय में विद्वानों में पर्याप्त मतभेद है। मनु 1890 में जी० के० गिलबर्ट महोदय ने बताया कि अपतट रोधिकाओं का निर्माण उत पदार्थों से होता है, जो निपतट रेखा से जलक के अपरदन से प्राप्त होते हैं तथा इन पदार्थों को बेलौचली धारायें (Long shore currents) परिवहन करके लाती हैं। इनके विपरीत ड्यूमण्ट, डेविस तथा जानसन ने बताया कि अपतट रोधिका का निर्माण बुद्धर किनारे की तली (Off shore bottom) के अपरदन से प्राप्त पदार्थों से होता है। वास्तव में जानसन महोदय ने निर्णायक के रूप में बताया कि अपतट रोधिका का पदार्थ गहरे भाग से ही आता है। इसका सबसे बड़ा प्रमाण यह है कि अपतट रोधिका के सामरवर्ती किनारे की ओर सागर-तली का निम्न कटाव (Deepening) अधिक होता है। आकार-तथा विस्तार में अपतट रोधिकाओं में पर्याप्त अन्तर मिलता है। रेत की एक संकरी पट्टी से लेकर इनका विस्तार 3 से 5 किलोमीटर तक होता है। यदि अपतट रोधिकाओं में तलछट के स्तरीकरण को देखा जाय तो स्पष्ट हो जाता है कि इन रोधिकाओं का निर्माण विभिन्न चरणों में सम्पन्न होता है। धीरे-धीरे अपतट रोधिकाओं का आकार इतना विस्तृत होता जाता है कि उनके किनारों पर पुस्तिक कटक (Beach ridges) का निर्माण हो जाता है। धीरे-धीरे जब अपतट रोधिका का अत्यधिक विस्तार हो जाता है तो पवन द्वारा बालुका स्तूपों या टिम्बों (Sand dunes) का निर्माण हो जाता है।

अपतट रोधिकाएँ प्रायः लगातार या क्रमबद्ध नहीं होती हैं, बल्कि उनमें स्थान-स्थान पर मुन्हा मार्ग होता है जिनके सहारे मार्ग का जल उबार के साथ लैगून में पहुँच जाता है। उन मुन्हा मार्गों को ज्वारीय प्रवेश मार्ग (Tidal inlets) कहते हैं। बेलाचली धाराएँ (Littoral currents) मत्स्या के विशेष द्वारा इन प्रवेश मार्गों का बन्द करने का प्रयास करती हैं। कभी कभी ये दान बन्द हो जाने हैं तथा एक क्रमबद्ध (Continuous) अपतट रोधिका का निर्माण हो जाता है। इस तरह बेलाचली धाराएँ मार्गों को बन्द करने का तथा ज्वारीय तरङ्गों

उन्हें सुरक्षित रखने का प्रयास करती हैं। इस प्रकार प्रवेश मार्गों की मत्स्या तथा ज्वार बेलाचली धारा तथा ज्वारीय तरङ्गों के परिवर्धन सम्बन्ध पर आधारित होता है। यदि प्रवेश मार्ग (Inlets) की मत्स्या अधिक है, तो ज्वारीय तरङ्गों द्वारा लैगून तथा मागरीय जल में बराबर सम्पर्क बना रहता है तथा ज्वारीय तरङ्गों द्वारा अधिक मात्रा में लैगून में दलदली पानी एकत्रित होती रहती है तथा लैगून का भराव इन पानी द्वारा होता रहता है।

लैगून की भी स्थिति अपरदन चक्र के साथ सम्बन्धित रहती है। यदि स्थल भाग में आने वाली नदियाँ लैगून में पर्याप्त मात्रा में जमा करती हैं तो धीरे धीरे लैगून भर जाती है। पवन भी वेग की उदाहरण लैगून में जमा करती रहती है। कभी-कभी लैगून में प्रत्यक्षियों के जाने के कारण यह दरमम में बदल जाती है। ज्वारीय तरङ्गों प्रवेश-मार्ग (Inlet) द्वारा लैगून में प्रविष्ट होती हैं तथा पुनः उसमें वापस भी जाती हैं। इस दौरान ज्वारीय तरङ्गों मत्स्या का परिवर्धन लैगून तथा मुन्हा मार्ग दोनों में करती हैं। तरङ्गों तथा धारायुक्त प्रवाह का समय राधिका का मागरीय भाग पर टकरा कर उस अपरदित करके मत्स्या का विशेष रोधिका के सहारे लैगून में करती है जिस कारण रोधिका (Bars) का लैगून पवन विचार के महार कई दृष्टा का निमाण हो जाता है। इस दृष्टा का कारण राधिका की लैगून प्रायः विनारा मुदमन्ती (Crenulate) होता है, परन्तु मागरीय विनारा गायधारण तथा मोटा होता है।

तटपारम्भ के अन्तिम चरण में अपतट रोधिकाओं (Off shore bars) का तट की ओर प्रिमकाय होना लगता है। इस प्रपतट राधिकाय अत्यधिक स्थिर हो जाती है जो मत्स्या का कारण मागरीय तरङ्गों का उन पर मत्स्यिक प्रहार होना लगता है। अपरदन के कारण राधिका का

मागरीय विनारा नीचा होना जाता है तथा अपरदित पदार्थ दूसरे जल विनारे पर जमा होने लगता है। इस तरह धीरे-धीरे रोधिकाएँ स्थल की ओर प्रिसक्त होती हैं। इस कारण रोधिका का आकार तथा विस्तार दोनों घटता जाता है, यद्यपि इनका अपरदन में प्राप्त अधिकांश मत्स्या का अधःप्रवाह (Underflow) द्वारा स्थानान्तरण हो जाता है। अपतट रोधिकाओं का छोटे होने के कारण लैगून बँकरी होती जाती है तथा अन्य एक लैगून सम्पन्न हो जाती है।

प्रौढावस्था (Maturity)—उपमान तट के अपरदन चक्र की प्रौढावस्था का समय तथा उसका दौरान अपतट रोधिका लैगून दलदल ज्वारीय प्रवेश द्वार निच (Nip-snell cliff) अर्थात् तट प्रायः हो जाने का है। इस अवस्था में मत्स्या लैगून में आने का उम्र भाग हो जो कि जलमय रहता है तरंग आधार (Wave base) तक तक झरती है। तरङ्ग आधार वह महाराई होती है, जिसका बाद तरङ्गों का छूट का विहायित नहीं कर सकती है, यद्यपि ज्वार परिवर्धन नहीं कर सकती। तरङ्गावस्था का जलमय तट तथा विनारा का महार उत्पन्न अवमानताम तट हो जाती है तथा मागरीय विनारा गायधारण हो जाता है। ज्वार में ऊपर में स्थान पर चक्र की प्रारम्भिक अवस्था (Initial stage) तथा तरङ्गावस्था का अन्तिम चरण प्रायः समान लगने परन्तु दोनों में महान अन्तर होता है। यदि प्रारम्भिक अवस्था में विनारा की ओर विस्तृत मत्स्या का शर तटीय स्थान पर जल की महाराई कम होती है तो प्रौढावस्था का समय विनारा का आग तटीय स्थान का अपरदन द्वारा जल अधिक तीव्र हो जाता है तथा जल की महाराई अधिक हो जाती है। इस अन्तर का चित्र 315 द्वारा समझा जा सकता है।

जीर्णावस्था (Old Stage)—मैट्रानिक चक्र में जीर्णावस्था की कल्पना की जा सकती है परन्तु प्रायोगिक रूप में यह अवस्था सम्भव नहीं है। वर्तमान समय में जीर्णावस्था को प्रायः उपमान तट का उदाहरण समझा जाता है। यदि इस अवस्था का मैट्रानिक चक्र में मान लिया जाय तो जीर्णावस्था में अन्तिम तटपारम्भ में बहुत कम अन्तर होगा। तब अपरदन द्वारा तट नीचे-नीचे छोड़े हुना जाता है। इस अपरदन द्वारा प्राप्त मत्स्या का धाराभा द्वारा महार बन एक परिवर्धन पर निर्भर होता है।

## मरुस्थलीय स्थलाकृति

(Arid Topography)

सामान्य परिचय—पवन भी अपरदन तथा निक्षेपण का एक प्रमुख कारक है परन्तु हिमानी या सरिताओं के परिवहन-कार्य से पवन का कार्य सर्वथा भिन्न होता है। पवन की प्रवाह-दिशा में भिन्नता तथा अनिश्चितता के कारण उसका परिवहन भी किसी भी रूप में किसी भी दिशा में हो सकता है। वेग पवन का कार्य अत्यधिक विरल होता है परन्तु अर्द्धशुष्क (Semi-arid) तथा शुष्क (Arid) मरुस्थलीय भागों में पवन, अपरदन का एक सक्रिय कारक होता है। यद्यपि अर्द्धशुष्क तथा शुष्क मरुस्थलों में अन्तर स्थापित करना कठिन कार्य है परन्तु वर्षा के आधार पर वे भाग अर्द्धशुष्क रेगिस्तान होते हैं जहाँ पर वार्षिक वर्षा 10 से 20 इंच तक होती है तथा मरुस्थलीय भागों में वर्षा 10 इंच से भी कम होती है। यदि आई प्रदेशों में बहुते हुए जल अर्थात् नदियों के कार्य की प्रधानता होती है तो मरुस्थलीय भागों में पवन का कार्य सर्वाधिक सक्रिय होता है। परन्तु इसका यह मातृपर्यं कदापि नहीं है कि आई भागों में पवन तथा मरुस्थलीय भागों में सरिता के कार्य होते ही नहीं। मरुस्थलीय भागों में भी अचानक वृष्टि के कारण अल्प-कालिक तथा ज्ञान्तगमिक नदियाँ (Ephemeral and intermittent streams) का आविर्भाव हो जाता है जिससे अपरदन का कार्य महत्त्वपूर्ण हो जाता है। मरुस्थलीय भागों की प्रवाह-प्रणाली (Drainage pattern) मुख्य रूप से अन्तरिक होती है तथा नदियों का विकास मरुस्थलों के अन्दर होता है तथा माग से उनका सम्पर्क नहीं हो पाता है। इसी आधार पर प्रायः यह कहा जाता है कि मरुस्थल वे भाग होते हैं, जिनकी नदियाँ माग तक नहीं पहुँच पाती हैं। मरुस्थलों के निर्धारण का यह आधार यद्यपि पूर्णरूपेण सत्य नहीं है तथापि यह महत्त्वपूर्ण विशेषता अवश्य है।

यद्यपि पवन का कार्य अन्य भागों में भी होता है परन्तु अन्य कारणों से उसकी सक्रियता एक जाती है परन्तु उष्ण मरुस्थलीय भागों में पवन का कार्य अबाध गति में सम्पादित होता है। इस प्रकार प्रस्तुत अभ्यास में केवल उही स्थानों में पवन के कार्य का अध्ययन किया जायेगा जहाँ पर पवन की अपेक्षा वाष्पीकरण

अधिक होता है, तापक्रम अधिक रहता है, स्थल भाग वनस्पति के आवरण से या हिम के आवरण से स्वतन्त्र होता है तथा रेत का प्रसार इतना अधिक होता है कि पवन द्वारा उस पर विभिन्न प्रकार के स्थलरूपों का विकास हो सके। इन दृष्टि से उष्ण मरुस्थल पवन के कार्य के लिये सर्वाधिक उपयुक्त स्थल होते हैं, यद्यपि अर्द्धशुष्क रेगिस्तानी भागों में भी पवन का कार्य कम महत्त्वपूर्ण नहीं होता है। प्रचीय क्षेत्रों को छोड़कर भूपटन का 30 प्रतिशत भाग अर्द्धशुष्क तथा शुष्क मरुस्थल के रूप में है। उष्ण रेगिस्तानी भागों में रेत की आधियाँ अधिक दूरी तक रेत लिये चलती हैं तथा न केवल रेगिस्तानी भागों में वरन् उनसे काफी दूर अग्यत्र इन रेतों का निक्षेपण होता देखा गया है। सहारा रेगिस्तान में रेत की आधियाँ हम सागर को पार करके इटली तथा जर्मनी तक पहुँचती हैं। लाल रंग के रेत कण, सहारा के रेगिस्तान में आधियों के रूप में इटली में जब नीचे उतरने या बैजने लगते हैं तो लगता है कि रेत की वर्षा हो रही है। इटली में इस तरह के लाल रेत की वर्षा को रक्त वृष्टि (Blood rain) कहते हैं। मरुस्थलों में स्थलरूपों की उत्पत्ति तथा उनका विकास अपक्षय (मुख्य रूप से यांत्रिक अपक्षय), बहुते हुए जल तथा पवन के सम्मिलन कार्यों द्वारा होता है। मरुस्थलीय भागों में स्थलरूपों के विकास का अध्ययन विद्वानों द्वारा अलग-अलग रूपों में किया गया है। उदाहरण के लिये उत्तरी अफ्रीका के मरुस्थलों में जे० वास्टर तथा फ्रेच तथा ब्रिटानी भूगर्भवेत्ताओं द्वारा, कालाहारी के रेगिस्तान में पसार्जे (Passarge) द्वारा तथा उत्तरी अमेरिका में डेविस तथा उसके अनुयायियों द्वारा किया गया अध्ययन मरुस्थलीय स्थलाकृति के विषय में अत्यधिक महत्त्व का है। वर्तमान समय में किंग महोदय ने दक्षिणी अफ्रीका में भ्याकृतिक स्थलरूपों का अध्ययन किया है (इसमें शुष्क स्थलाकृति के अलावा अन्य स्थलाकृतियों का भी अध्ययन सम्मिलित है)।

पवन का कार्य—(The Work of Wind)—पवन अपने विभिन्न अपरदनोत्पन्न कार्यों द्वारा स्थलीय भाग

(ii) **अपघर्षण (Abrasion or Corrasion)**—जल तीव्र वेग से बहती हुई पवन के साथ रेत तथा धूलि-कणों की भाँटा पर्याप्त होती है तो ये वण पवन के अपरदनात्मक यत्न (Erosional tools) हो जाते हैं। इन अपरदनात्मक यत्नों (रेत के कण) की सहायता में पवन मार्ग में पड़ने वाली चट्टानों को रगड़कर, धिम कर तथा चिकना करके अपरदित करती है। पवन का अपघर्षण कार्य पवन-वेग तथा रेत कणों की भाँटा पर आधारित होता है। रेत-कणों से युक्त पवन चट्टानों को इस तरह घिसती तथा कुदेती है, जिस तरह कि रेगमाल (Sand paper) से लकड़ी धिम जाती है। अपघर्षण का प्रभाव चट्टानों की मरचना के अनुसार भिन्न-भिन्न होता है। प्रतिरोधी तथा कठोर शैल पर रेत-कणों से युक्त तीव्र पवन जोरों में टकरा कर इस केवल घिस कर चिबना ही जाती है, परन्तु कोमल तथा कम प्रतिरोधी शैल का धीरे-धीरे काटती जाती है तथा कुछ समय बाद उसे पूर्णतया घिस डालती है। अपक्षय द्वारा विघटित नया वियोजित शैलों पर अपघर्षण द्वारा अपरदन ग्रीष्म होता है क्योंकि पवन के दबने द्वारा ढीले शैल-कण आसानी से शैल से अलग हो जाते हैं। पवन जिस स्थान पर एक दिशा में बहती है, वहाँ पर अपघर्षण का कार्य दशमोय होता है। ऐसे स्थानों पर न केवल लकड़ी के तार के छम्भ घिस जाते हैं वरन् लोह या अन्य धातु के बने तार व या बिजली के छम्भ भी अपघर्षण के कारण घिस जाते हैं। अपघर्षण का कार्य सतह में थोड़ी ऊँचाई पर परन्तु 6 फीट के नाँचे ही अधिक सक्रिय होता है। न तो सतह पर ही अपघर्षण हो पाता है, न अधिक ऊँचाई पर ही।

(iii) **सन्निधर्षण (Attrition)**—तीव्र पवन के साथ उड़ने वाला रेत वण तथा धूलि-कण मार्ग में पड़ने वाली चट्टानों के रगड़ने तथा घिसने के अलावा स्वयं आपस में टकरा कर रगड़ खाकर टूटने-फूटते रहते हैं। इस कारण कणों का आकार छोटा तथा गोल होने लगता है। अधिक रगड़ होने के कारण कण चारों ओर जाते हैं। इस तरह रेत-कणों के आपस में रगड़ खाकर यांत्रिक दम में टूटने की क्रिया को सन्निधर्षण कहते हैं।

**पवन-अपरदन को प्रभावित करने वाली दशाएँ**—वायु द्वारा अपरदन मुख्य रूप से यांत्रिक या भौतिक अपरदन के रूप में होता है। यह यांत्रिक अपरदन कई बातों पर आधारित होता है। शुष्क मरुस्थलों में पवन का यह यांत्रिक अपरदन दो कारकों (Factors) में अधिक निय-



चित्र 316—पवन द्वारा शैल का अपघर्षण (Abrasion)। शैल का आधार अधिक अपरदित होता है, जबकि ऊपरी भाग कम प्रभावित हो पाता है।

त्रित होता है—वनस्पति के आवरण का अभाव तथा वर्षा की अपेक्षा अधिक वाष्पीकरण। यदि वनस्पति का आवरण अधिक होता है तो उसकी जड़ों द्वारा मिट्टियों आदि को संरक्षण प्राप्त होता है तथा पवन के कार्य में व्यवधान उपस्थित हो जाता है। इसके विपरीत वनस्पति के अभाव में पवन अबाध गति से बहती हुई अपरदन कार्य करती है। वनस्पतियों द्वारा पवन का प्रवाह भी अवरोध हो जाता है तथा वेग गिरा दिया जाता है। इन दो मूल कारणों के अलावा पवन-वेग के साथ रेत तथा धूलि-कणों की भाँटा तथा जलवायु का भी पवन-अपरदन की भाँटा तथा रूप पर पर्याप्त असर होता है।

(i) **पवन-वेग (Wind Velocity)**—मरुस्थलीय भागों का अपरदन मुख्य रूप से प्रचलित पवन के वेग पर आधारित होता है। मन्द गति से चलने वाली पवन का अपरदन कार्य नगण्य होता है। इसके दो प्रमुख कारण हैं। प्रथम यह कि मन्द पवन के मार्ग में पड़ने वाली चट्टानों से टक्कर प्रभावशाली नहीं हो पाता है तथा दूसरा यह कि मन्द वेग में चलने वाली पवन के साथ उड़कर चलने वाली रेत तथा धूलि-कणों की भाँटा कम होती है, क्योंकि कम वेग के कारण पवन अधिक कणों का परिवहन नहीं कर सकती है। इस तरह मन्द पवन के अपघर्षण तथा सन्निधर्षण, दोनों कार्य नगण्य होते हैं। इसके विपरीत तीव्र वेग से चलने वाली पवन द्वारा चट्टानों का अपरदन अधिक होता है, क्योंकि प्रथम रूप में तो तीव्र पवन तेजी से मार्ग में पड़ने वाली शैलों से

टकरा करके उनके कमजोर तथा असमर्थित पदार्थों को अलग करके उन्हें उड़ा ले जाती है और द्वितीय रूप में तीव्र वेग से चलने वाली पवन के साथ रेत-कण अधिक मात्रा में होते हैं, जिस कारण अवधर्षण (Abrasion) तथा सन्निधर्षण (Attrition), दोनों कार्य अधिक होते हैं। प्रचण्ड आंधियों के समय रेत के अलावा बहुत बड़े-बड़े धूल-कण तथा छोटे-छोटे ककड़-पत्थर की सख्या इतनी अधिक हो जाती है कि प्रायः अंधारा हो जाता है तथा मार्ग का अवलोकन नहीं किया जा सकता है। इस तरह की प्रचण्ड आंधियों के समय पवन का अपरदन कार्य सर्वाधिक होता है। गर्मी के महीना में राजस्थान के रेगिस्तान से चलने वाली ऐसी आंधियों को पश्चिमी उत्तर प्रदेश में 'कासी आंधियाँ' (Black storms) कहा जाता है। पवन का वेग भी कई बातों पर आधारित होता है। यदि रेगिस्तानी भाग वनस्पति विहीन है, मार्ग में जल भाग नहीं है, दीवारों आदि का अभाव है तो पवन अबाध गति से चलती है परन्तु यदि उपर्युक्त अवरोध पवन के मार्ग में पड़ जाते हैं तो पवन का वेग निश्चय ही कम हो जाता है।

(ii) रेत तथा धूल-कणों की मात्रा तथा स्वभाव—पवन के अपरदन का कार्य अपरदनात्मक यंत्र (Erosional tools) द्वारा ही सम्पादित होता है। इन यंत्रों में रेत-कण धूलिका, ककड़-पत्थर आदि सम्मिलित किये जाते हैं। इन पदार्थों की मात्रा पर ही अपरदन की मात्रा आधारित होती है। यदि पवन तीव्र वेग वाली होती है तो उसका साथ अपरदन की सामग्री अधिक होती है, परन्तु तीव्र पवन में ऊँचाई के अनुसार इन पदार्थों की मात्रा में भिन्नता होती है। पवन के निचले स्तर अर्थात् धरातलीय सतह के पास रेत तथा धूल-कण न केवल अधिक मात्रा में होते हैं वरन् उनका आकार भी बड़ा होता है। जैसे-जैसे सतह के ऊपर जाते हैं, रेत तथा धूल-कणों की मात्रा तथा आकार दोनों में ह्रास होने लगता है। इस कारण पवन के निचले स्तर अर्थात् धरातलीय सतह के पास 6 फीट की ऊँचाई तक अपरदन अधिक होता है परन्तु ऊँचाई के साथ यह शिथिल पड़ती जाती है। इसका सबसे मूल्य प्रमाण यह है कि आंधियों के समय यदि धूल के भाग में चला जाय तो दूरी में ककड़ियों की चाट अधिक लगती है तथा शरीर के ऊपरी भाग में धूल का प्रक्षोभ अधिक होता है। यदि सतह पर

में पवन के मार्ग में चट्टानों का कुछ भाग लम्बवत् रूप में खड़ा होता है तो उसका निचला भाग अधिक अपरदन के कारण कूट कर पतला हो जाता है जबकि ऊपरी भाग कम अपरदन के कारण अधिक प्रभावित न हो सकने के फलस्वरूप चौड़ा ही रह जाता है। इस तरह छतरोनुमा स्थलरूपों का आविर्भाव हो जाता है। यदि पवन केवल एक ही दिशा में चलती है तो छोटी शैल के निचले भाग का पवनोन्मुख भाग ही कटता है, परन्तु यदि पवन कई दिशाओं से होकर चलती है तो छोटी शैल का निचला भाग चारों तरफ से अपरदित होकर अत्यन्त सँकरा तथा पतला हो जाता है।

(iii) शैलों की संरचना—तीव्र पवन का साथ उठ कर चलने वाले पत्थर के कण अधिक नुकीले तथा प्रखर धार वाले एवं कठोर होते हैं। यदि चट्टान की बनावट विभिन्न प्रतिरोध वाली चट्टानों की है तो ये नुकीले पत्थर के टुकड़े कोमल तथा कम प्रतिरोधी शैलों का अधिक अपरदन करके उन्हें चट्टानों से अलग कर लेते हैं, परन्तु प्रतिरोधी शैल अप्रभावित रहती है। इसी कारण एक जांबोद्वार घेरे की रचना हो जाती है। मरि चट्टानों के स्तर लम्बवत् रूप में धरातल पर खड़े होते हैं तो अपरदन अधिक होता है।

(iv) जलवायु (Climate)—उच्च तापक्रम वाले मरुस्थलीय भागों में वर्षा की अपक्षा वाष्पीकरण अधिक होता है। अतः स्थल पर जल का मध्य अधिक समय तक न होने का कारण स्थल शुष्क बना रहता है, जिस कारण पवन का अपवाहन या उदाव (Deflation) अधिक सक्रिय हो जाता है। रमिन्मानी भागों में दिन के अधिक तापक्रम तथा रात के अत्यधिक कम ताप के कारण शैलों में क्रमशः विस्तार तथा संकुचन होता रहता है, जिस कारण शैल बिपटित होकर अमगठित हो जाती है तथा बड़े-बड़े टुकड़ों में टूटने लगती है। ये टुकड़े पुनः बारीक हो जाने पर पवन द्वारा उड़ा लिये जाते हैं। अचानक दृष्टि के कारण तप्त चट्टानों पर जब जल की छोटी पड़ती है तो शैल चटक जाती है। इस तरह रेगिस्तानी भागों में यांत्रिक अपभय (Mechanical weathering) पवन के अपरदन कार्य की मर्यादा बना देता है। आर्द्र भागों में जल का कारण स्थल भाग नमी के कारण भारी हो जाता है तथा पवन का कार्य उत पर नहीं हो पाता है।

### अपरदनात्मक स्थलरूप (Erosional Landforms)

पवन का अपरदन-कार्य मुख्य रूप से अपवाहन तथा अपघर्षण (Deflation and abrasion) द्वारा सम्पन्न होता है तथा इन दो प्रकार के स्थलरूपों का विकास होता है। प्रारम्भ में पवन के अपरदनात्मक कार्य को आवश्यकता से अधिक महत्त्व प्रदान किया गया था, परन्तु पर्यवेक्षण तथा अध्ययन के आधार पर यह प्रमाणित हो चुका है कि अपरदन द्वारा मरुस्थलों में बड़े स्थलरूपों की अपेक्षा छोटे तथा महत्त्वहीन स्थलरूपों का निर्माण अधिक होता है। Bagnold, R. A. (1941) महोदय ने बताया है कि पवन द्वारा अपघर्षण सतह से केवल 18 इंच (45 सेंटीमीटर) की ऊँचाई तक सक्रिय होता है तथा यह कार्य 6 फीट से अधिक ऊँचाई पर कदापि सम्भव नहीं हो सकता है। इससे प्रकट होता है कि मरुस्थलों में अपघर्षण द्वारा स्थलरूपों का निर्माण सतह से कुछ ऊँचाई अर्थात् पवन के निचले स्तर में ही सम्भव होता है। ब्लैक वेल्डर (Eliot Black Welder, 1928) के अनुसार अपघर्षण का कार्य तीन रूपों में सम्पादित होता है—चट्टानों का पालिश तथा गतन (Polishing and pitting) द्वारा अपघर्षण (गतन का तात्पर्य छिद्र करने से है), खरोच द्वारा अपघर्षण (Bygrooving) तथा फलक द्वारा अपघर्षण (Faceting)। अपवाहन (Deflation) द्वारा असंगठित रेत कणों को उड़ा लिये जाने पर विभिन्न प्रकार के गतों तथा बेसिनों का निर्माण होता है।

अपरदन द्वारा उत्पन्न गौण स्थलरूप (Minor land-forms)—धरातल की ऊपरी सतह पर अपवाहन या उड़ाव के कारण बारीक कण आसानी से उड़ा लिये जाते हैं, परन्तु बड़े-बड़े टुकड़े छूट जाते हैं। इस क्रिया को पुनरावृत्ति के कारण महीन कण उड़ जाते हैं तथा बड़े-बड़े कंकड़ पत्थर सतह पर अधिक संख्या में एकत्रित होते रहते हैं। धीरे-धीरे इन कंकड़ पत्थरों का संचय इतना अधिक हो जाता है कि ये एक परत के रूप में निचली भूमि के ऊपर आच्छादित हो जाते हैं। इस तरह के कंकड़-पत्थर की परत द्वारा निचली भूमि के अपवाहन के लिये संरक्षण प्राप्त होता है। इस कारण इस परत को अपवाहन कवच (Deflation armour) कहते हैं। अपवाहन कवच के कंकड़-पत्थर जब एक दूसरे से इतने अधिक सट जाते हैं कि निचली परत की संश्लेषण उद्घाटन नहीं हो पाती है तो उसे मरुस्थली जड़ोपस्था (Desert pavement)—मरुट्रिम कहते हैं। पवन अपघर्षण

(Abrasion) द्वारा चट्टानों पर रेगमाल (Sand paper) के समान रगड़ द्वारा चमक उत्पन्न करती रहती है। इस कारण शैल, खाम कर क्वार्ट्जाइट शैल अधिक चमकने लगती है। इस क्रिया को पालिश (Polish) कहते हैं। पवन के अपघर्षण द्वारा शैल के पवनोन्मुखी भाग पर तरह-तरह की खरोचे (Grooves) पड़ जाती हैं। ये खरोचे प्रायः समानान्तर हुआ करती हैं।

अपरदन द्वारा उत्पन्न मुख्य स्थलरूप (Major land forms due to erosion)—प्रमुख अपरदनात्मक स्थलरूपों में अपवाहन द्वारा उत्पन्न गत तथा बेसिन एवं अपघर्षण द्वारा उत्पन्न इन्सेलबर्ग (Inselberg), छत्रक जिला (Mushroom rock) या गारा (Gara) भूस्तम्भ (Demoiselle), ज्यूजेन (Zeugen), यारडंग (Yardang), ड्राइकान्टर (Dreikanter), जालक या जालीदार जिला (Stone lattice) पुल तथा मरुस्थलीय गुम्बद अधिक महत्त्वपूर्ण हैं।

अपवाहन बेसिन या वात गत (Deflation Basin or Blow Out)—सतह के ऊपर असंगठित तथा कोमल शैलों को पवन अपने अपवाहन या उड़ाव की क्रिया में प्रभावित करके उनके ढीले कणों को उड़ा ले जाती है, जिस कारण अनेक छोटे-छोटे गतों का आविर्भाव होता है। शून्य-शून्य इन गतों का आकार तथा गहराई दोनों बदली जाती है, परन्तु इन गतों की गहराई की अन्तिम सीमा भूमि जलस्तर (Ground water table) द्वारा निर्धारित होती है। चूँकि मरुस्थलों में या तो भूमिगत जल होता ही नहीं यदि होता भी है तो वह अधिक गहराई पर मिलता है। यही कारण है कि अपवाहन के कारण इन गतों का निर्माण मायामतल से कई मीटर नीचे तक हो जाता है। पवन द्वारा असंगठित तथा ढीले कणों के उड़ा लिये जाने से निमित्त गतों को अपवाहन बेसिन (Deflation basins) कहते हैं। चूँकि इन गतों का निर्माण पवन द्वारा होता है, अतः उन्हें पवन गत या वात गत (Blow out) भी कहते हैं। इनका आकार प्रायः तम्बरीनुमा होता है। सहारा के रेगिस्तान, कालाहारी, मंगोलिया तथा संयुक्त राज्य अमेरिका के पश्चिमी शुष्क भागों में पवन निमित्त अनेक गतों के उदाहरण पाये गये हैं। काहिरा में जराबब (Jarabub) तक पश्चिम तरफ अनेक ऐसी अपवाहन बेसिन मिलती हैं। जिनकी तली निश्चित रूप से सागर तल में नीची है। इनमें से कुछ गतों में नीचे जल मिल जाने के कारण या वर्षा के जल के कारण जल का संच-

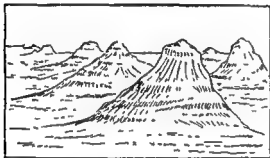
यत हो जाता है जिससे वे झीलों के रूप में परिवर्तित हो जाती हैं। इस तरह की जलपूर्ण अपवाहन बेसिन मरुस्थलीय भाग में गह्रान (Oasis) के रूप में हो जाती हैं। 'मैक' के बहिरिया (Baharia), फराफरा (Farafra), दाक्खा (Dakhla) तथा खार्गा (Kharga) मरुस्थली को निर्माण उपर्युक्त रूप में ही हुआ है। मिछ की-कतारा तल (Qattara) 420 फीट सागर-तल से गहरी है। उपर्युक्त राज्य अमेरिका के उच्च मैदानी भाग (High plain Region) में हजारों की मरुभा में उबली गर्तों का अवलोकन किया जा सकता है। इस क्षेत्र में सतह की ऊपरी टर्शियरी युग की प्राचीन जलोढ़ मिट्टी (Older alluvial soil) की परत का आवरण है। यह गोल भागानी से पवन के अपरदन का शिकार होती है जिस कारण कई छोटी बड़ी बेसिनों का निर्माण हुआ है। जडसन महोदय (Sheldon Judson) ने 1950 ई० में इन बेसिनों के विषय में बताया कि इनका निर्माण मुख्य रूप से पवन के अपवाहन कार्य (Deflation) द्वारा हुआ है। परन्तु इस माध्यम विचारधारा के विपरीत उपर्युक्त बेसिनों के निर्माण में गम्भीरतम कई कारणों का उल्लेख किया गया है उदाहरण के लिये—1. सतह की गहराई पर घुलन-प्रिया (Solution) के कारण सतह के अवतलन के कारण इन बेसिनों का निर्माण हुआ है। 2. कुछ लोगों के अनुसार इनका निर्माण विशेषक अपक्षय (Differential weathering) तथा अपवाहन (Deflation) के सामूहिक कार्यों द्वारा हुआ है। 3. अंग्रेजों की खुर द्वारा सतह पर छिद्र बन जाना तथा उभरे विस्तृत हो जाना से भी इन गह्रानों (Blow out) का निर्माण होता है। 4. जडसन महोदय ने इनका निर्माण अन्तराहिमनदीय शुष्क काल (Dry interglacial period) के समय पवन द्वारा अपवाहन के कारण माना है। बर्की तथा मोरिस (C. P. Berkey and F. K. Morris, 1927) ने भी गह्रानों के निर्माण के अपवाहन सिद्धान्त (Deflation theory) को ही समर्थन दिया है। उन्होंने बताया है कि मांझिया की घाँघरिया गह्रान (Pang liang Hollow) का निर्माण पवन द्वारा अपवाहन के कारण ही हुआ है। उपर्युक्त राज्य अमेरिका के वायव्य भाग में 9 मील लम्बी, 3 मील चौड़ी तथा 150 फीट गहरी बिय हॉलो (Big Hollow) का भी निर्माण पवन के अपवाहन-कार्य द्वारा ही माना जाता है।

इन्सेलबर्ग (Inselberg)—इन्सेलबर्ग जर्मन भाषा का पारिभाषिक शब्द है, जिसका तात्पर्य पर्वत, द्वीप या द्वीपीय पर्वत होता है। वास्तव में विस्तृत रेगिस्तानी क्षेत्रों में कठोर चट्टानों की सामान्य सतह से ऊँचे-ऊँचे टीले इस तरह लगते हैं मानों सागर-स्थित द्वीप हों। मरुस्थलों में झीलों के अपक्षय तथा अपरदन के कारण कोमल शैल आमाश्यों में कट जाता है परन्तु कठोर शैल के अवशेष भाग ऊँचे-ऊँचे टीलों के रूप में रह जाते हैं। इस तरह के टीलों या टांगों का इन्सेलबर्ग कहा जाता है। इन्सेलबर्ग का पार्श्व (Sides) तिष्ठे ढाल वाले होते हैं। बोर्नहाट नामक विद्वान ने इस प्रकार के इन्सेलबर्ग के निर्माण की क्रिया का पता लगाते हुए कार्य प्रारम्भ किया था। इस कारण इन्सेलबर्ग को बोर्नहाट भी कहा जाता है। इन्सेलबर्ग प्रायः गुम्बदाकार हुआ करता है। इन्सेलबर्ग का निर्माण ग्रेनाइट या नीस नामक चट्टानों के अपरदन तथा अपक्षय द्वारा होता है। इनका ढाल तीव्र होता है तथा इनके आधार पर मिट्टी आदि का निक्षेप नहीं मिलता है। बेली विलिस (Bailey Willis) के अनुसार इन्सेलबर्ग अनावृत या खुले (Exposed) गम्भीर के समान होते हैं। इन्सेलबर्ग के विषय में पर्याप्त मतभेद है। कई विद्वानों ने इन्सेलबर्ग को मोनाडनाक का रूप बताया है क्योंकि इन्सेलबर्ग का निर्माण ऊँची झीलें हो हुआ है जिनसे कि उन मरुस्थल मैदान या पठार का हुआ है जिसमें कि इन्सेलबर्ग स्थित होते हैं। यह स्मरणीय है कि मोनाडनाक अपरदन-चक्रों की संश्लेषित के परिचायक होते हैं। अतः यदि इन्सेलबर्ग का मोनाडनाक का रूप मान लिया जाय तो समीचीन मैदान की संश्लेषण के अन्तर्गत वर्गीकरण के रूप में नहीं माना जा सकता है। जहाँ इन्सेलबर्ग का मोनाडनाक का रूप बताया जाय तो यह सत्य नहीं है।

पासार्गे (S. Passarge) तथा डब्लु न. कालाहारी रेगिस्तान में स्थित 'इन्सेलबर्ग' तथा समीचीन सतह के अध्ययन के आधार पर यह बताया कि इन्सेलबर्ग में पवन समीचीन समतल भाग अपरदन-चक्रों का अन्तिम रूप है। डब्लु न. यह मत भी मान्य नहीं है क्योंकि इन्सेलबर्ग की स्थिति न केवल मरुस्थलीय भागों में ही पायी जाती है परन्तु आर्द्र भागों में भी मिलती है। बिश महोदय ने सन् 1948 ई० में इन्सेलबर्ग का निर्माण मरिटा-अपरदन के कारण बताया है जो कि इन्सेलबर्ग का उदाहरण होता है। वर्तमान समय तक



चित्र 317—इन्सेलबर्ग (Inselberg) ।



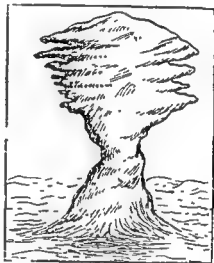
चित्र 318—अपरदित इन्सेलबर्ग (Froded inselberg) ।

इन्सेलबर्ग के निर्माण के विषय में किसी भी निश्चित मत का प्रतिपादन नहीं किया जा सकता है। विवाद से बचते के लिये अन्य प्रदेशों के इन्सेलबर्ग को छोड़कर मध्यस्थता भागों के इन्सेलबर्ग के विषय में कहा जा सकता है कि इनका निर्माण अपक्षय तथा अपरदन द्वारा होता है।

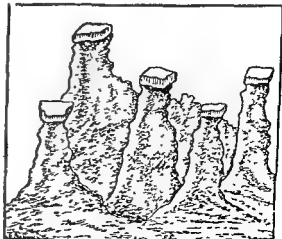
**छत्रक शिला (Mushroom Rock)**—मध्यस्थता भागों में यदि कठोर शैल के ऊपरी आवरण के नीचे कोमल शैल सम्बन्ध रूप में मिलती है तो उस पर पवन के अपघर्षण (Abrasion) के प्रभाव में विचित्र प्रकार के स्वरूप का निर्माण होता है। जैसा कि ऊपर बताया गया है कि तीव्र पवन के साथ रेत तथा धूल-कणों की प्रचुरता पवन के निचले स्तर में अर्थात् सतह से 6 फीट की ऊँचाई तक ही होती है। ऊपर जाने पर इनकी मात्रा कम होती जाती है। इस कारण पवन द्वारा चट्टान के निचले भाग में अत्यधिक अपघर्षण द्वारा उसका आधार कटने लगता है, जब कि उसका ऊपरी भाग अप्रभावित रहता है। यदि पवन एक ही दिशा से चलती है तो चट्टानों का कटाव केवल एक ही दिशा में हो पाता है, परन्तु यदि पवन कई दिशाओं से चलती है तो चट्टान का निचला भाग चारों तरफ से अत्यधिक कट जाने के कारण पतला हो जाता है, जबकि ऊपरी भाग अप्रभावित रहने के कारण अधिक विस्तृत रहता है। इस तरह एक

छत्ररीनुमा स्वरूप का निर्माण होता है, जिसे छत्रक शिला (Mushroom Rock) कहते हैं। छत्रक शिला को सहारा के रेगिस्तान में गारा (Gara) कहा जाता है। जर्मनी में इसे पिटजफेल्स (Pitzfelsen) नाम से सम्बोधित करते हैं।

**भूस्तम्भ (Demoiselles)**—युष्क प्रदेशों में जहाँ पर असंगठित तथा कोमल शैल के ऊपर कठोर तथा प्रतिरोधी शैल का आवरण होता है, वहाँ पर इस आवरण के कारण नीचे की कोमल शैल का अपरदन नहीं हो पाता है, क्योंकि ऊपरी कठोर शैल के आवरण से निचली कोमल शैल को संरक्षण प्राप्त होता है। परन्तु समीपी कोमल चट्टान का अपरदन होता रहता है, जिस कारण अगल-बगल की शैल



चित्र 319—छत्रक शिला (Mushroom Rock) या गारा (Gara) ।

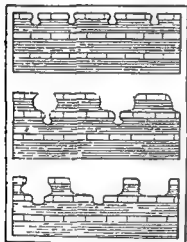


चित्र 320—भूस्तम्भ (Demoiselles) ।



कट कर हट जाती है और कठोर शैल के आवरण वाला भाग एक स्तम्भ के रूप में सतह पर दिखाई पड़ता है। इसे भूस्तम्भ कहा जाता है।

**ज्यूजेन (Zeugen)**—मरुस्थलीय भाग में यदि कठोर तथा कोमल शैलों की परतें ऊपर-नीचे एक दूसरे के समानान्तर होती हैं तो अपक्षय (Weathering) तथा वायु द्वारा अपरदन के कारण विचित्र प्रकार के स्थल-रूपों का निर्माण हो जाता है, जो इक्कलदार दावात के समान होते हैं अर्थात् इनका ऊपरी भाग कम चौड़ा तथा निचला अधिक चौड़ा होता है। परन्तु इन स्थल-रूपों के ऊपरी भाग पर कठोर शैल का आवरण होता है तथा इनका ऊपरी भाग समतल होता है। ऐसे स्थलरूपों



चित्र 321—ज्यूजेन या ज्यूजन (Zeugen)।

को ज्यूजेन (Zeugen) कहा जाता है। इनका निर्माण प्रायः ऐसे मरुस्थलीय भागों में होता है, जहाँ पर रात के समय तापमान कम हो जाने में शैलों की सुराखों में स्थित जल जम जाता है। ज्यूजेन का निर्माण की क्रिया अत्यन्त मरु है। यदि मरुस्थलीय भाग में कठोर तथा कोमल चट्टानों की परतें क्षैतिज दिशा में समानान्तर रूप में एक से मिलती हैं, अर्थात् कठोर शैल की परत के नीचे कोमल परत का विस्तार होता है तो ऊपरी कठोर शैल की परत की मधियों तथा छिद्रों में जल भर जाती है जो दिन में सूर्य की किरणों में सुखित रहती है। रात के समय यह जल हिम के रूप में उबन आती है। इस कारण उमम प्रकार का जल में जेल की मधियों पर दाब पड़ने से वे विस्तृत हो जाती हैं तथा ऊपरी कठोर शैल का कुछ भाग निर्वातन द्वारा टूट-पूट जाता है। पवन

इस धिमा चूर्ण को अपने उपवाहन कार्य द्वारा उड़ा ले जाती है। इस क्रिया के कारण स्थान-स्थान पर निचली कोमल शैल की परत उधड़ जाती है, जिस पर पवन अपरदन द्वारा उसे घिस करके गिना-चूणों को उड़ाती रहती है। जब कोमल शैल की परत कट जाती है तो उसक नीचे की कठोर शैल उधड़ जाती है। इस कठोर शैल की मधियों पर पुनः तुफान की क्रिया होती है जिससे नीचे की ओर छिद्र का विस्तार होता जाता है। उपर्युक्त क्रिया की पुनरावृत्ति के कारण ज्यूजेन नामक स्थलरूप का विकास हो जाता है। इस तरह ज्यूजेन का निर्माण अपक्षय (Weathering) तथा विशेषकर अपरदन (Differential erosion) के फलस्वरूप होता है। ज्यूजेन की ऊँचाई 90 से 150 फीट तक मिलती है।

**यार्डंग (Yardang)**—यार्डंग की रचना ज्यूजेन के विपरीत होती है। जब कोमल तथा कठोर चट्टानों के स्तर सम्बन्धित दिशा में घिसते हैं तो पवन कठोर शैल की अपेक्षा मुलायम शैल को शीघ्र अपरदित करके उड़ा ले जाती है। इस प्रकार कोमल शैलों के अपरदित होकर उड़ जाने के कारण कठोर चट्टानों के भाग खड़े रह जाते हैं। इन शैलों के पार्श्व में पवन द्वारा कटाव या नासियाँ बन जाती हैं। इस तरह के स्थलरूप को यार्डंग कहते हैं। यार्डंग प्रायः पवन की दिशा में समानान्तर रूप में होते हैं। इनकी ऊँचाई 20 फीट तक तथा चौड़ाई 30 से 120 तक होती है। यार्डंग का निर्माण निम्नलिखित रूप से पवन के अवघर्षण (Abrasion) कार्य द्वारा होता है।

**ट्राइकान्टर (Dreikanter)**—पथरीले मरुस्थलों में सतह पर पड़े गिनाचूणों पर पवन में अपरदन द्वारा खरोचे पड़ जाते हैं जिस कारण गिनाचूण या पथरी के टुकड़ों पर तरह-तरह की नक्काशी हो जाती है। यदि पवन कई दिशाओं में होकर चलती है तो इन



चित्र 322—यार्डंग (Yardang)।

शिलाखण्डों की आकृति चतुष्फलक जैसी हो जाती है, जिसका एक फल या फलक भूपृष्ठ पर होता है तथा शेष तीन फल बाहर की ओर होते हैं। इस प्रकार बाहर की ओर निकले तीन फलक या पाशों वाले टुकड़ों को त्रिकोणाकार फेंकड़ या डाइकाण्टर कहते हैं। इन टुकड़ों पर पवन के थपड़ों से उत्पन्न खरोचें स्पष्ट नजर आती हैं।

**जालक या जालीदार शिला (Stone Lattice)**—मरुस्थलीय भागों में जब सज्जत पवन के सामन ऐसी शिलाये पड़ जाती हैं, जिनकी संरचना विभिन्न स्तरों वाली चट्टानों से हुई होती है अर्थात् जिनके विभिन्न भागों में कठोरता में प्रचालि भिन्नता होती है तो पवन रेत-कणों की सहायता से अपघर्षण द्वारा शैल के कोमल भागों को अपरदित करके उड़ा ले जाती है, परन्तु कठोर भाग पश्चास्थान स्थिर रहते हैं। इस प्रकार के अपरदन के कारण शैल भाग में जाली का निर्माण हो जाता है। इस तरह की शैल को जालीदार शैल या अहिमक जालक कहते हैं।

**पुल तथा खिड़की (Bridge and window)**—जालीदार शिला में पवन के अपरदन द्वारा पवनोग्मुखी भाग में छिद्र हो जाता है। पवन धीरे-धीरे इस छिद्र के विपटित पदार्थों को उड़ा-उड़ा कर उसे विस्तृत करती जाती है। एक लम्बे समय तक अपरदन के कारण यह छिद्र शैल के जाग-पार हो जाता है। शैल के इस जाग-पार छिद्र को पवन-खिड़की या पवन-वातायन (Wind-window) कहा जाता है। इस खिड़की से होकर अपरदन द्वारा चट्टान का शून्य-शून्य नीचे तक कटाव हो जाता है परन्तु ऊपरी भाग छत के रूप में वर्तमान रहता है। इस तरह एक महुआच (Arch) की आकृति का निर्माण होता है। इसे पुल भी कहा जाता है।

### पवन द्वारा परिवहन-कार्य (Transportational Work of Wind)

पवन का परिवहन कार्य अपरदन के अन्य कारकों के सामान मुनिश्चित नहीं होता है। इसका प्रमुख कारण पवन के चलन की दिशा की अनिश्चितता है। इस कारण पवन का परिवहन आगे-पीछे, ऊपर-नीचे कई रूपों में हो सकता है। पवन, चूंकि सतह के ऊपर चलती है, अतः अपरदित पदार्थों का वड़े पैमाने पर परिवहन नहीं कर पाती है, क्योंकि पदार्थों को सतह से उठा कर उठाने के लिए अधिक शक्ति की आवश्यकता होती है। यद्यपि वारिक कणों वाले पदार्थों खासकर धूल का परिवहन

अधिक दूरी तक हो जाता है किन्तु भारी पदार्थों का परिवहन मन्द गति से ही सम्भव हो पाता है। अन्य अपरदन के साधनों की अपेक्षा पवन के परिवहन-कार्य का अध्ययन अधिक नहीं किया जा सकता है। इस क्षेत्र में बैगनॉल्ड (R. A. Bagnold 1941) का कार्य नराहनीय है। इन्होंने पवन द्वारा होने वाले परिवहन-कार्य को तीन रूपों में विभाजित किया है—1 पवन अपने साथ महीन तय वारीक पदार्थों को लटका कर ले चली है (Suspension) 2 पवन छोटे-छोटे टुकड़ों का उछाल कर या आगे-पीछे घिसका कर ले चली है। इस क्रिया को उत्परिवर्तन (Saltation) कहते हैं, तथा 3 पृष्ठीय सर्पण (Surface creep) के अन्तर्गत पदार्थ नई याग उठ-उठ कर आगे बढ़ते हैं। सामान्य रूप से पवन का परिवहन-कार्य तीन रूपों में सम्पन्न होता है। 1 वारीक धूलिकण वायु द्वारा उठा लिए जाते हैं तथा पवन के साथ लटकते हुए चलते हैं। पवन के परिवहन का यह रूप अधिक महत्वपूर्ण नहीं है, क्योंकि इस क्रिया में केवल धूल ही चलती है। इसका प्रमुख कारण यह है कि पवन भारी पदार्थों को ऊपर उठाने में तथा उनमें सम्मिलन में असमर्थ होती है। 2. बड़े-बड़े तथा भारी टुकड़े पवन के साथ सतह के सहारे मुड़कते हुए चलते हैं। 3 मध्यम आकार तथा भार वाले टुकड़े कुछ दूरी तक लटक कर तथा कुछ दूरी तक लुढ़क कर चलते हैं। सामान्य दशाओं में पवन का परिवहन द्वारा पदार्थों का स्थानान्तरण अधिक दूरी तक नहीं हो पाता है, परन्तु आधी तथा तूफान के समय हजारों किलोमीटर की दूरी तक पवन द्वारा अपरदित पदार्थों को पहुँचा दिया जाता है। रेगिस्तानी भागों में भयंकर आंधियों तथा तूफानों के अनेक उदाहरण प्रस्तुत किये जा सकते हैं। सहारा के रेगिस्तान में चलने वाली तूफानी हिराको पवन (Sirocco) सहारा के रेत खादि को उड़ा करके रूममागर के पार इटली तथा जर्मनी तक पहुँचा देती है। इटली की 'रक्त बृद्धि' (Blood rain) इसका प्रमुख उदाहरण है। संयुक्त राज्य अमेरिका के मरुस्थलीय प्रदेशों में रेत भरी आंधियों द्वारा पदार्थों का परिवहन देश के दूसरे छोर तक हो चुका है। उदाहरण के लिये सन् 1923 ई० में नेब्रास्का तथा उत्तरी एव दक्षिणी डेकोटा प्रान्तों से उठने वाली धूल भरी आंधी द्वारा पदार्थों का परिवहन न्यूयार्क प्रान्त तक हुआ था, जिनमें पवन की औसत प्रति घण्टे चाल 43 मील थी। इस आंधी ने लगभग 6,00,000 वर्गमील क्षेत्र पर भ्रमण किया तथा जाघी की ऊँचाई

9,000 फीट थी। चीन में लोयम का जमाव मध्य एशिया से आने वाली आंध्रियों द्वारा लाये गये पदार्थों के निक्षेपण से ही हुआ है। उस तरह पवन के परिवहन की कई विषयतायें होती हैं—1. पवन द्वारा परिवहन की दिशा निश्चित नहीं होती है। अतः परिवहन किसी भी दिशा में हो सकता है। 2. पवन का परिवहन अधिक दूरी तक विस्तृत होता है। इस तरह अपरदन के अन्य कारणों की तरह पवन का परिवहन अपरदन के स्थान तक ही नहीं सीमित रहता है। उदाहरण के लिये नदी अपने अपरदित पदार्थों का परिवहन अपनी पाटी वाले मार्ग में ही करती है। केवल बाढ़ के समय परिवहन क्षेत्र कुछ विस्तृत हो जाता है। परन्तु पवन द्वारा परिवहन कई हजार किलोमीटर से दूरस्थ स्थानों तक होता है। सहारा की रेत का जर्मनी में निक्षेपित होना इसका प्रमुख उदाहरण है। 3. अन्य अपरदन के कारणों द्वारा परिवहन का कार्य सतह पर या सतह से नीचे (भूमिगत जल के सम्बन्ध में) ही होता है। परन्तु पवन द्वारा परिवहन सतह पर तथा सतह के ऊपर वायुमण्डल के निचले स्तर में भी होता है। 4. केवल वांछित कणों का ही परिवहन एक बार में हो पाता है अथवा अधिकांश पदार्थों का परिवहन एक-एक कर कई बार में होता है, अर्थात् कुछ दूरी तक उड़ाये जाने के बाद पदार्थ सतह पर बैठ जाते हैं। पुनः पवन उनका परिवहन करने के कुछ दूरी तक ले जाकर उन्हें छोड़ देती है। उनका प्रमुख कारण पवन की गति या वेग में परिवर्तन का होना ही है अर्थात् पवन के वेग में वृद्धि तथा ह्रास होता रहता है। अधिकांश पदार्थों का परिवहन लुढ़का कर (By rolling) ही होता है।

#### पवन का निक्षेपण कार्य (Depositional Work of Wind)

पवन का निक्षेपण कार्य अधिक महत्वपूर्ण होता है, क्योंकि इस कार्य द्वारा बालुका स्तूपों (Sand dunes) तथा लोयम (Loess) जैसे महत्वपूर्ण स्थल रूपों का निर्माण होता है। पवन का निक्षेप कई बातों पर आधारित होता है। तीव्र वेग से चलने वाली पवन की परिवहन सामर्थ्य अधिक होने से उसके साथ अधिक मात्रा में पदार्थों का परिवहन होता है। जैसे ही पवन के वेग में कमी आ जाती है, उसकी परिवहन-सामर्थ्य घट जाती है, जिस कारण पतित स्थल पदार्थों नीचे बैठने लगते हैं। इसके अलावा निक्षेपण के लिए पवन-मार्ग में अवरोध का होना आवश्यक होता है। पवन-मार्ग में अवरोध, पर्वत, माँझियाँ, दलहो, नदियाँ, जलानय तथा दीवारें

आदि में उत्पन्न हो जाते हैं। इन अवरोधों के कारण पवन का वेग कम हो जाने में पदार्थों का विभिन्न रूपों में निक्षेप होने लगता है। आंध्रियों के साथ चलने वाले पदार्थों का जब अचानक निक्षेप होना है तो अनेक नगर पदार्थों से भर जाते हैं। पूर्वी एशिया में पवन द्वारा निक्षेप में दिये अनेक प्राचीन नगरों ने उदाहरण पाये गये हैं। पवन द्वारा निक्षेप-जनित स्थलरूपों में स्तूप या टिन्वे (Dunes) लोयम आदि अधिक महत्वपूर्ण हैं। निक्षेप-जनित निम्न स्थलरूपों का संक्षिप्त विवरण दिया जा रहा है—

तरंग चिह्न (Ripple Marks)—उन रेगिस्तानी भागों में, जिनमें कि रेत की मात्रा अधिक होती है, पवन द्वारा निक्षेप के कारण मरुस्थलीय सतह पर सागरीय तरंगों के समान सहरदार चिह्न बन जाते हैं, जिन्हें ऊँची चिह्न या तरंग चिह्न कहते हैं। इन्हें ऊँचका भी कहा जाता है। इन ऊँचकाओं की ऊँचाई कुछ सेंटीमीटर तक ही होती है। ऊँचकाओं का निर्माण पवन की दिशा के समकोण पर होता है। पवन की दिशा में परिवर्तन के कारण इनका स्वरूप भी बदलता रहता है।

#### बालुका स्तूप (Sand Dunes)

पवन द्वारा रेत या बालू के निक्षेप से निर्मित टिन्वे या स्तूपों को बालुका स्तूप कहा जाता है। इन स्तूपों के आकार में तथा स्वरूप में पर्याप्त अन्तर मिलता है। यद्यपि बालुका स्तूप रेगिस्तानी भागों में प्रमुख स्वरूप हैं परन्तु इनका यह सामर्थ्य कदापि नहीं है कि उनका विस्तार केवल रेगिस्तानी भागों तक ही सीमित है। जहाँ कहीं भी शुष्क रेत सुनभ होती है तथा पवन इनकी प्रक्रियाशील होती है कि उनको निर्धारित करने स्तूप का निर्माण कर सके वहाँ पर सानुका स्तूपों का निर्माण हो जाता है। इन तरह बालुका स्तूपों का निर्माण मुख्य तथा अर्धशुष्क भागों में अलावा समर गरीय भागों कीली के रेतीले तटों पर रेतीले प्रदेशों में द्वार प्रवाहित होने वाली सरिताओं के बाढ़ के क्षेत्रों में एरिस्टोनीन हिमानीय क्षेत्रों की गोमों के पास रीति भागों में बालुका प्रस्तर वाले कुछ मैदानी भागों में जहाँ पर बालुका प्रस्तर से रेत अधिक मात्रा में प्राप्त हो सके आदि स्थानों में भी होता है। बालुका स्तूपों के स्वरूप तथा आकार में पर्याप्त अन्तर होता है। इसका आकार गोल, त्रिकोणाकार तथा अनुकूलाकार होता है। बंगाल में स्तूपों की परिभाषा इस प्रकार प्रयुक्त की है— स्तूप रेत के पतितोत्तरे होने हैं जिसका अतिरिक्त तथा स्वरूप

धरातलीय रूप से स्वतन्त्र होता है”<sup>1</sup>। वास्तव में बालुका स्तूपों का स्वरूप, धरातलीय रूप, पवन की दिशा तथा उममें परिवर्तन, रेत की मात्रा, जलवायु तथा वनस्पति के अनुसार भिन्न-भिन्न होता है। बालुका स्तूपों की लम्बाई तथा ऊँचाई में भी भिन्नता होती है। इनकी ऊँचाई कुछ मीटर से लेकर 20 मीटर तक औसत रूप में होती है परन्तु सामान्य रूप में सैकड़ों मीटर ऊँचे तथा 5-6 किलोमीटर लम्बे बालुका स्तूप भी होते हैं। संयुक्त राज्य अमेरिका के कोलोरेडो प्रान्त की लुई घाटी (Luis Valley) में 1,000 फीट से भी अधिक ऊँचे बालुका स्तूपों के उदाहरण देखे गए हैं। बालुका स्तूपों के दोनों तरफ के ढालों में भी अधिक अन्तर होता है। इन स्तूपों का पवनाभिमुखी ढाल (पवन की दिशा के सम्मुख वाला ढाल—onward slope) मन्द तथा हल्का ( $5^{\circ}$  से  $15^{\circ}$ ) होता है, परन्तु पवन विमुखी ढाल (Leeward slope) तीव्र ( $20^{\circ}$  से  $30^{\circ}$ ) होता है। बालुका स्तूप के दो ढालों का यह अन्तर पवन के कारण ही होता है। जिस दिशा से पवन आती है, उधर से पवन रेत को लुढ़का कर ऊपर की ओर शिखर तक ले जाती है। वहाँ से रेत दूसरी ओर नीचे सरकने लगती है। पवन विमुखी ढाल पर पवन में भँवर (Eddies) उत्पन्न हो जाते हैं, जिस कारण नीचे की रेत भी ऊपर चढ़ने लगती है तथा ऊपर में नीचे सरकने वाली रेत में बाधा उपस्थित हो जाती है। इस स्थिति के कारण स्तूप का पवन विमुखी ढाल तीव्र हो जाता है। इस तरह यदि पवन की दिशा का ज्ञान नहीं हो पाता, तो बालुका स्तूपों के ढाल के अनुसार दिशा का ज्ञान किया जाता है अर्थात् स्तूप का मन्द ढाल पवन के चलने की दिशा को इंगित करता है। मन्द ढाल वाले भूभाग में पवन के कारण ऊँकियाँ चिह्न (Ripple marks) भी मिलते हैं।

**बालुका स्तूपों का बनना (The formation of sand dunes)**—बालुका स्तूपों का बनना एक सामान्य प्रक्रिया होती है, क्योंकि पवन द्वारा धारी गयी रेत जैसे ही बैठने लगती है, जैसे ही छोटे-छोटे बालू के ढेर का निर्माण होने लगता है। रेत का निक्षेपण पवन-दिशा में बाधा उपस्थित होने से होता है। जब कुछ रेत का ढेर या टीले के रूप में जमाव हो जाता है तो यह ढेर स्वयं एक बाधा का कार्य करने लगता है। धीरे-धीरे रेत का

जमाव होता रहता है तथा रेत के ढेर बड़ कर बालुका स्तूप का रूप धारण कर लेते हैं। परन्तु यह स्मरण रखना होगा कि बालुका स्तूप स्थिर स्वरूप न होकर गतिशील या चलायमान स्वरूप (Mobile landforms) होते हैं। बालुका स्तूपों के निर्माण के लिये कुछ आवश्यक दशाएँ होती हैं, जिनमें चार प्रमुख दशाओं का नीचे उल्लेख किया जा रहा है—

(i) **रेत की अधिकता**—बालुका स्तूपों का निर्माण एक मात्र रेत द्वारा होता है, अतः इनके निर्माण के लिए रेत प्रचुर मात्रा में सुलभ होनी चाहिए। यही कारण है कि बालुका स्तूपों का निर्माण रेगिस्तानी भागों में जलावा उन आर्द्र भागों में भी हो जाता है, जहाँ पर रेत प्रचुर मात्रा में सुलभ होती है। रेत सर्वाधिक मात्रा में मुख्य रेगिस्तानी भागों में सुलभ होती है। रेत की सुलभता के अलावा अन्य कई आवश्यक दशाएँ होती हैं जिनके रहने पर ही स्तूपों का निर्माण हो सकता है। यही कारण है कि सहारा में रेत की अपार राशि रहते हुए भी बालुका स्तूपों का निर्माण सर्वत्र नहीं हो पाता है। समस्त सहारा के केवल 11 प्रतिशत भाग पर ही बालुका-स्तूपों का निर्माण हो पाया है।

(ii) **तीव्र पवन वेग**—यदि पवन मन्द गति वाली है तो वह अपने साथ स्वल्प मात्रा में ही रेत का परिवहन कर पायेगी। अतः मन्द पवन के द्वारा केवल ऊँकियाँ चिह्न (Ripple marks) का ही निर्माण हो सकता है। अधिक से अधिक छोटे-छोटे रेत के ढेरों का आविर्भाव होता है। यदि पवन अधिक वेगवती है तो वह अपने साथ अधिक मात्रा में रेत को उड़ाकर उसे दूर ले जाकर निक्षेप करके बालुका स्तूपों का निर्माण करती है। मरुस्थलीय भागों में तथा रेतीले सागर तटीय भागों में पवन वेग प्रायः अधिक रहता है, जिस कारण इन स्थानों पर बालुका स्तूपों की भरमार होती है।

(iii) **पवन-मार्ग में अवरोध**—पवन चाहे कितनी भी वेगवान क्यों न हो तथा उसके साथ रेत की मात्रा चाहे कितनी भी अधिक क्यों न हो बालुका स्तूपों का निर्माण तब तक नहीं हो सकता है, जब तक कि पवन के मार्ग में ऐसी कोई बाधा न उपस्थित हो जाय, जिससे कि पवन वेग कम हो जाय या अवरोध हो जाय तथा रेत नीचे बैठने लगे। पवन के मार्ग में अवरोध, उसके मार्ग में स्थित झाड़ियों, वृक्षों के कुञ्ज, सघन वन, ऊँची उड़ी चट्टानें, दीवारें, बड़े-

1 Dune is mobile heap of sand whose existence is independent of either ground form or fixed wind obstruction” Bagnold, R. A., 1933, A further journey through the Lybian Desert, Geog. J., 82, pp. 103-129.

बड़े तिताखण्ड, पाम आदि द्वारा उपस्थित हो जाता है। उपर्युक्त साधनों द्वारा सामान्य सी बाधा भी उपस्थित हो जाने पर रेत जमने लगती है तथा थोड़े ही समय के अन्दर निमित्त रेत का ढेर स्वयं एक अवरोध बनकर रेत के निक्षेप में सहायक हो जाता है।

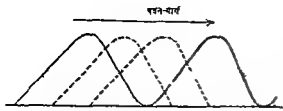
(iv) निर्माण के लिए उचित स्थान—उपर्युक्त तीनों दशाओं के सुलभ होने पर भी बालुका स्तूपों का निर्माण तभी हो सकता है जब कि रेत के जमने के लिए प्रचुर उचित स्थान सुलभ हो। उदाहरण के लिये यदि अवरोध उपस्थित करने वाले वृक्षों या झाड़ियों के पीछे झील या विस्तृत जल भाग हो तो रेत झील में निक्षेपित हो जायगी तथा बालुका स्तूप का निर्माण नहीं हो पायेगा। इससे स्पष्ट है कि अवरोध बात स्थान के आस-पास जल भाग या विस्तृत गत भाग नहीं होना चाहिये।

उपर्युक्त दशाओं के सुलभ होने पर बालुका स्तूपों का निर्माण अत्यन्त सरल विधि से हो जाता है। पहले रेत का सामान्य संचयन होता है। इसके बाद अचानक या धीरे-धीरे रेत के जमते रहने से बालुका स्तूपों का निर्माण हो जाता है। बालुका स्तूपों के निर्माण की अवधि पवनवेग तथा रेत की मात्रा पर आधारित होती है। यदि पवन तीव्रवेग वाली है तथा उसके साथ रेत की मात्रा भी पर्याप्त है तो उसके मार्ग में अचानक अवरोध हो जाने से सतह पर रेत की तीव्र वर्षा होने लगती है तथा कुछ घण्टों के अन्दर ही विस्तृत बालुका स्तूप का निर्माण हो जाता है। बालुका स्तूप प्रायः समूह में मिलते हैं। इस तरह के स्तूपों को समूह (Dune complex or dune colony) या स्तूप माला या श्रृंखला (Dune chain) कहते हैं। बालुका स्तूपों की संरचना में सामान्य अन्तर मिलता है। अधिकांश स्तूपों में क्वार्ट्ज रेत की ही प्रधानता होती है। यदि पवन की दिशा निश्चित होती तो स्तूपों में रेत की परतों का जमाव एक ही दिशा में होता है। परन्तु अध्ययन के आधार पर यह पता चलता है कि स्तूपों में रेत की परतें विभिन्न दिशाओं में होती हैं। इसका प्रमुख कारण पवन की दिशा में परिवर्तन ही है।

बालुका स्तूपों का खिसकना या पलायन (Migration of Sand Dunes)—अधिकांश बालुका स्तूप अपने निर्माण स्थान पर स्थिर नहीं रहते हैं अपना स्थान परिवर्तन करते रहते हैं। स्तूपों का स्थान परिवर्तन, जो कि पवन की दिशा में श्रम की ओर होता है, स्तूपों का खिसकना या पलायन कहलाता है। पलायन के

समय स्तूपों के आकार में ह्रास होता रहता है तथा कुछ स्तूप इस क्रिया के दौरान अपना अस्तित्व भी खो बैठते हैं। स्तूपों का पलायन एक सामान्य प्रक्रिया के अन्तर्गत होता है। पवन, बालुका स्तूप के पवनान्निमुखी ढाल (Onward or windward slope) से रेत को मुड़का कर उसे स्तूप के शिखर तक ले जाती है। वहाँ से रेत पवन विमुखी ढाल (Leeward slope) के सहारे नीचे सरकने लगती है। इस कारण पवन विमुखी ढाल तीव्र हो जाता है। इन क्रिया की पुनरावृत्ति के कारण स्तूप के पवनान्निमुखी ढाल की रेत आगे स्थानान्तरित होती रहती है तथा बालुका स्तूप धीरे-धीरे पवन की दिशा में आगे की ओर बढ़ता जाता है। इस स्तूप का पलायन कहते हैं। बालुका स्तूपों के पलायन या खिसकने की दर सर्वत्र समान नहीं होती है। स्तूपों का खिसकना स्थानीय दशाओं पर आधारित होता है। यदि जलवायु अत्यन्त शुष्क है तो तीव्र वायु के साथ शुष्क रेत वाले स्तूपों का पलायन तीव्रता में होता है परन्तु आर्द्र जलवायु में या मन्द पवन वाले भागों में इनका पलायन मन्द गति से सम्पन्न होता है। विभिन्न स्थानों में पलायन की गति भी भिन्न-भिन्न होती है। सामान्य रूप से स्तूपों का पलायन कुछ गज प्रतिवर्ष की दर से होता है परन्तु कहीं-कहीं पर इनका पलायन 100 फीट तक भी होता है। व्यक्तिगत पर्यवेक्षण के आधार पर प्रसिद्ध विद्वान बाल्टरन बताया है कि किज़िलकुम (Kizylkum) के रेगिस्तान में एक दिन में 65 फीट का पलायन हो जाता है, परन्तु पलायन की वार्षिक दर 20 फीट तक ही है। कॉब (Cobb) महाद्वीप के अनुसार बड़े-बड़े अर्द्धचन्द्राकार (चापाकार) या नवचन्द्राकार—crescentic shape) स्तूपों का पलायन उत्तरी कैरोलिना प्रान्त में 20 वर्षों के अन्तर्गत प्रतिवर्ष 200 फीट का हिमांक से हुआ है। यह स्मरणीय है कि प्रत्येक स्तूप का पलायन नहीं होता है। जहाँ पर पवन एक दिशा में प्रवाहित न होकर विभिन्न दिशाओं में चलता है, वहाँ पर वषा के जल के कारण स्तूपों के रेत की स्थिति स्थिर भोग्यमान पर हो गई है, वहाँ पर स्तूप गतिहीन होता है। ऐसी गतिहीन तथा स्थिर बालुका स्तूप बड़े दृष्टियों में लाभकारी होते हैं। इनके विपरीत पलायन करने वाले स्तूप आर्थिक दृष्टि से हानिकारक होते हैं।

बालुका स्तूपों का पलायन कई दृष्टियों से हानियम होता है। इनके पलायन द्वारा मरुस्थलों का विस्तार होता है। इतना ही नहीं आर्द्र प्रदेशों में भी घिसकते हुए



चित्र 323—बालुका स्तूपों का पलायन (Migration of Sand Dunes)।

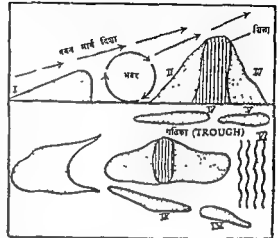
स्तूपों के मार्ग में पड़ने वाले वन, खेत आदि रेत से भर जाते हैं। शुष्क मरुस्थलों में स्तूपों के पलायन से गाँव, शहर आदि रेत के अन्दर दब जाते हैं। मध्य एशिया में रेत के अन्दर दबे हुए अनेक प्राचीन शहरों के उदाहरण मिले हैं। Pampely महोदय ने तुर्किस्तान में स्तूपों की रेत के अन्दर दबे हुए नगरों का मनोरञ्जक विवरण उपस्थित किया है। मिस्र तथा सीरिया में अनेक आबाद इलाके इन पलायन करते हुए बालुका स्तूपों के शिकार हो चुके हैं। भारत में थार के रेगिस्तान का प्रतिवर्ष पश्चिमी उत्तर प्रदेश की ओर विस्तार हो रहा है। वहाँ पर रेगिस्तान के विस्तार को रोकने के लिए पश्चिमी उत्तर प्रदेश की सीमा के सहारे एक चौड़ी पट्टी में वृक्षारोपण किया गया है। बालुका स्तूपों के पलायन में यदि एक ओर हानि होती है तो स्थिर तथा गतिहीन स्तूपों से कई लाभ भी होते हैं। यदि स्तूप वाले भाग में जल वर्षा होती है तो ये स्तूप जल सोख कर उन्हें अपने अन्दर समाविष्ट कर लेते हैं। इस कारण बालुका स्तूपों में जल-भण्डार की स्थिति हो जाती है। इस जल के कारण स्तूपों में भीम जल स्तर (Water table) ऊँचा हो जाता है, जिस कारण इन स्तूपों पर कुएँ आदि खोद कर जलप्राप्ति आसानी से की जा सकती है। जल की सुलभता हो जाने से इन स्तूपों पर या उनके समीपी भाग में आबादी हो जाती है तथा इन स्तूपों का प्रयोग कृषि के लिये किया जाता है। इस तरह स्थिर बालुका स्तूप मरुस्थलीय भागों में महान (Oasis) बन जाते हैं।

#### बालुका स्तूप के विभिन्न रूप

##### (Features associated with dunes)

पवन के मार्ग में किसी भी प्रकार के अवरोध उपस्थित हो जाने पर बालुका स्तूप का निर्माण हो जाता है। यहाँ पर ऐसे स्तूप का उदाहरण लिया जा रहा है जिसका निर्माण पवन के मार्ग में खड़ी शैल के अवरोध के कारण होता है। जब पवन के मार्ग में शिखा का अवरोध हो जाता है तो उस शिखा के पवनो-

मुखी ढाल के सहारे रेत का निक्षेपण होने में स्तूप का निर्माण होता है। इसे संलग्न स्तूप (Attached dune) या शीर्ष स्तूप (Head dune) कहते हैं। कुछ रेत का निक्षेप शिखा के पवन विमुखी ढाल (Leeward slope) के सहारे भी हो जाता है। यहाँ पर निमित्त स्तूप को शृंगगुच्छ स्तूप (Crag and tail dune) कहते हैं। शीर्ष स्तूप से कुछ दूर पवनोन्मुखी दिशा (Windward



-चित्र 324—बालुकास्तूप के विभिन्न रूप—(i) प्रगति स्तूप (Advanced-dune), (ii) शीर्ष स्तूप (Head-dune), (iii) पुच्छ स्तूप (Tail-dune), (iv) पार्श्विक स्तूप (Lateral-dune), (v) वेक स्तूप (Wake-dune), (vi) उमिका (Ripples)।

side or direction) में एक लघु स्तूप का निर्माण हो जाता है। यह स्तूप मुख्य शीर्ष स्तूप से पवन-भ्रम (Eddies) द्वारा अलग किया जाता है, अर्थात् शीर्ष स्तूप (Head dune) तथा अग्रगामी या प्रगामी स्तूप (Advanced dune) के मध्य रिक्त स्थान होता है, जिसमें वायु-भ्रम चलता है। अवरोधक शिखा के किनारे या बगल में कुछ रेत के निक्षेप हो जाने से निमित्त स्तूपों को पार्श्व स्तूप (Lateral dunes) कहते हैं। इन पार्श्ववर्ती स्तूपों की आगे की ओर अन्य पुच्छ स्तूपों द्वारा विस्तार होता है। इस तरह के स्तूपों को वेक स्तूप (Wake dune) कहते हैं। मुख्य स्तूप तथा पार्श्विक स्तूपों (Lateral dunes) के मध्य रिक्त स्थान होते हैं। इन रिक्त स्थानों की गतिगा (Trough) कहते हैं।

स्तूपों का वर्गीकरण (Classification of Sand Dunes)—बालुका स्तूपों में रेत की मात्रा, धरातल की बनावट, अवरोध उत्पन्न करने वाले साधन के स्वरूप, पवन की दिशा के आधार पर पर्याप्त भिन्नता होती है। इसी कारण बालुका स्तूपों का वर्गीकरण कई

रूपों में किया जाता है। बेर्गनान्ड महोदय ने वास्तविक बालुका स्तूपों को केवल दो प्रकारों में विभाजित किया है—1. बरकान (Barchan), तथा 2. सीफ (Sief)। हेक महोदय (J. T Hack, 1941) के अनुसार (एरीजोना प्रान्त के स्तूपों के अध्ययन के आधार पर) स्तूपों को तीन वर्गों में रखा जा सकता है—1. अनुप्रस्थ स्तूप (Transverse Dune) 2. परवलयिक स्तूप (Parabolic dune), तथा 3. अनुदैर्घ्य स्तूप (Longitudinal dune)। मैल्सन महोदय (McLinton F A, 1960) के अनुसार स्तूपों को तीन समूहों में रखा जा सकता है—

(i) एक ही दिशा में प्रवाहित होने वाली पवन द्वारा निर्मित सामान्य स्तूप (Simple dunes), (ii) वनस्पति के अवरोध द्वारा उत्पन्न स्तूप (Dunes formed by wind in conflict with vegetation) तथा (iii) जटिल स्तूप (Complex dunes)—जिनका निर्माण विभिन्न दिशाओं में बहने वाली पवनों द्वारा होता है।

उपरोक्त वर्गीकरण के अलावा बालुका स्तूपों का निम्न रूपों में भी विभाजित किया जा सकता है—

1 स्थिति के आधार पर वर्गीकरण

- (i) सागर तटीय बालुका स्तूप (Coastal sand dunes),
- (ii) मरुस्थलीय बालुका स्तूप (Inland or desert sand dunes)
- (iii) नदी-तट के बालुका स्तूप (Riverine sand dunes)

2 आकार के आधार पर बालुका स्तूपों का वर्गीकरण

- (i) अनुदैर्घ्य या पवनानुवर्ती बालुका स्तूप (Longitudinal dunes),
- (ii) अनुप्रस्थ या आड़े बालुका स्तूप (Transverse sand dunes)
- (iii) परवलयिक बालुका स्तूप (Parabolic sand dunes).

(1) स्थिति के आधार पर वर्गीकरण बालुका स्तूपों का निर्माण उन सभी स्थानों पर हो सकता है, जहाँ पर पर्याप्त मात्रा में पवन बहती हो, पवनवेग में अवरोध उपस्थित रहने वाले सागर तट तथा स्तूप के निर्माण के लिए सुविधाजनक पदार्थ स्थान हो। इन प्रकार उपरोक्त दशाओं के सुलभ होने पर स्तूपों का निर्माण मरुस्थलों में, मरुस्थलों के किनारे पर, सागरीय तटों पर या नदी तथा झील के बालुकाय किनारों पर

हो सकता है। इस आधार पर (स्थिति) मुख्य रूप से बालुका स्तूपों को दो भागों में रखा जा सकता है

(अ) आन्तरिक बालुका स्तूप (Inland Sand Dunes)—सागरीय तटों पर निर्मित बालुका स्तूपों को छोड़कर किसी भाग के स्तूप को इस श्रेणी में रखा जा सकता है। सुविधा के लिए आन्तरिक बालुका स्तूपों को पुन तीन उपविभागों में रखा जाता है 1. रेगिस्तानी बालुका स्तूप (Desert sand dunes), 2. नदी-तटीय बालुका स्तूप (Riverine sand dunes), तथा 3 झील तटवर्ती बालुका स्तूप (Lake shore sand dunes)। इनमें से मरुस्थलीय स्तूप ही सर्वाधिक महत्वपूर्ण होते हैं क्योंकि बालुका स्तूपों के निर्माण के लिए यहाँ पर सभी आवश्यक दशाएँ प्राप्त हैं। वास्तव में वास्तविक स्तूपों का निर्माण बड़े पैमाने पर शुष्क मरुस्थलीय भागों में ही होता है। यहाँ पर कई प्रकार के स्तूप (पवनानुवर्ती अनुप्रस्थ, बरकान, परवलयिक आदि) मिलते हैं तथा रेगिस्तानी के स्तूप मुख्य रूप से पलायन करने वाले होते हैं।

(ब) तटीय बालुका स्तूप (Coastal Sand Dunes) - - रेगिस्तानी सागरीय तटों पर स्थान की ओर (सागर से तट की ओर) चलने वाली पवन द्वारा रेत का ढेर के रूप में संचयन होता रहता है तथा स्तूपों का निर्माण यहाँ पर, एक सामान्य प्रक्रिया है। आर्द्र प्रदेशों में पवन की दिशा में परिवर्तन तथा वनस्पतियों की अधिकता के कारण स्तूपों का निर्माण एक जटिल प्रक्रिया के अन्तर्गत सम्पादित होता है। वर्षा तथा वनस्पतियों के कारण स्तूपों में स्थिरता आती है तथा उमका पलायन कम होता है। परन्तु यह स्मरणीय है कि सभी तटीय स्तूप पूर्णतया स्थिर नहीं होते हैं। प्रबल तूफान तथा नज़र्रा (Strong storm and gales) के समय स्तूप प्रायः नष्ट हो जाया करते हैं। प्रबल पवन स्तूपों का पवनानुवर्ती ढाल पर गलों का निर्माण कर देती है जिसे वातगत या पवन गले (Blow out) कहते हैं। तट में एक स्तूप प्रायः वर्षों की ओर अग्रणी स्थल हो जा सकता है जो उमक स्थान पर दूसरे स्तूप का निर्माण हो जाता है। इस तरह स्तूपों की एक श्रृंखला हो बन जाती है। इस प्रक्रिया के उत्तराखण्ड तटीय स्तूपों का हवल के आन्तरिक भाग की ओर पलायन होने में रेत का अग्रणी भाग में विस्तार होता है जिस कारण भूमि का उन्नयन होता रहता है। हाईण्ड तथा उमक जमीन में इस तरह के तटीय स्तूपों के स्थान की ओर पलायन के कारण पदार्थ अग्रि हुई है।

(ii) आकार के आधार पर वर्गीकरण—कुछ स्तूप पवन की दिशा में लम्बी-लम्बी श्रेणियों के रूप में फैले रहते हैं तो कुछ पवन की दिशा में लम्बवत् रूप में होते हैं, कुछ स्तूपों का आकार गोल, कुछ का लम्बा तथा कुछ का नवषट्पाकार होता है। इस तरह विभिन्न आकार तथा स्वरूपों को देखते हुए स्तूपों को निम्न रूप में विभाजित किया जाना है :

(अ) पवनानुवर्ती बालुका स्तूप (Longitudinal Sand Dunes)—पवन की दिशा में उनके समानान्तर निर्मित लम्बे-लम्बे स्तूपों को पवनानुवर्ती या अनुदैर्घ्य स्तूप कहा जाता है। स्तूपों का पवनोन्मुखी ढाल (Windward slope) मन्द तथा पवनविमुखी ढाल (Leeward slope) तीव्र होता है। पवनानुवर्ती स्तूपों की उत्पत्ति के विषय में पर्याप्त मतभेद है। सामान्य रूप में ये स्तूप आन्तरिक मरुस्थलीय भागों में निर्मित होते हैं। आस्ट्रेलिया, लीबिया तथा सहारा के मरुस्थलों में इन स्तूपों के अनेक उदाहरण मिलते हैं। इनके निर्माण के विषय में प्रायः यह माना जाता है कि इनका निर्माण अधिक रेत वाले उन आन्तरिक रेगिस्तानों में होता है, जहाँ पर पवन अधिक वेग वाली तथा लगभग एक ही दिशा में प्रवाहित होती हो। इसके विपरीत कुछ विद्वानों का कथन है कि इनका निर्माण उस समय होता है जबकि प्रचलित पवन का क्रॉस पवनों (Cross winds) द्वारा कभी अवरोध होता है। बैंगनाल्ह महोदय ने पवनानुवर्ती या अनुदैर्घ्य बालुका स्तूपों के निर्माण की सामान्य विचारधारा (कि इनका निर्माण एक दिशा में प्रवाहित होने वाली पवनों द्वारा होता है) का खण्डन किया है। यद्यपि इनका निर्माण मुख्य रूप से प्रचलित पवन के द्वारा उसकी दिशा के समानान्तर होता है, परन्तु उनकी ऊँचाई तथा चौड़ाई का विस्तार प्रचलित पवन की दिशा में चलने वाली क्रॉस पवनों (Cross winds) द्वारा ही होता है। पवनानुवर्ती स्तूपों को सीफ (Scif) भी कहा जाता है। सीफ की लम्बाई का

विस्तार निश्चित रूप से एक दिशा में चलने वाली प्रचलित पवन द्वारा होता है। बैंगनाल्ह के अनुसार सीफ का निर्माण प्रचलित पवन के समकोण दिशा में चलने वाली क्रॉस पवन द्वारा बरकान (Barchan) के वास्तविक रूप में परिवर्तन के कारण ही होता है। इन स्तूपों का निखर आरे के दाँत के समान या चाकू के समान नुकीला होता है। मिस्र के रेगिस्तान में अनेक सीफ (Scif) की ऊँचाई 300 फीट तक होती है। ईरान में कुछ सीफ की ऊँचाई 210 फीट तक मिलती है। बैंगनाल्ह महोदय के अनुसार सीफ की चौड़ाई, ऊँचाई की अपेक्षा 6 गुना अधिक होती है। सीफ प्रायः लम्बी-लम्बी शृङ्खलाओं में मिलते हैं, जिनकी लम्बाई 300 किलोमीटर (188 मील) तक बताई जाती है। दो स्तूप शृङ्खलाओं के मध्य प्रायः रिक्त स्थान होता है, जिनमें नग्न रेगिस्तानी भाग दृष्टिगत होता है। पवनानुवर्ती स्तूपों के समानान्तर चलने वाली पवनों दो स्तूपों की शृङ्खलाओं के मध्य की रेत को उड़ाकर उस स्थान को खुला छोड़ देती हैं। इस तरह के रिक्त भाग को कारिडोर (Corridor) या सहारा में गासी (Gassi) कहते हैं। गासी, वास्तव में बालुका स्तूपों के मध्य रेत मुक्त मार्ग होते हैं। रेत मुक्त मार्ग या गासी का निर्माण सामान्य रूप से सम्पन्न होता है। यदि सीफ के मध्य प्रबल पवन प्रवाहित होती है तो उसके कारण भँवर का आविर्भाव हो जाता है। ये भँवर (Eddies) स्तूपों के किनारे की ओर रेत का संचयन करते हैं, जबकि स्तूपों के मध्य भाग तीव्र पवन द्वारा रेत रहित हो जाते हैं। चित्र 325 में इस प्रक्रिया को स्पष्ट किया गया है। स्तूपों के पार्श्व भाग में क्षीण पवन तथा मध्य भाग में प्रबल पवन होती है। भँवर का अन्वाव स्तूपों की ओर होता है। ये भँवर स्तूपों के पार्श्व भाग पर रेत का एकत्रीकरण करते हैं।

(ब) अनुप्रस्थ बालुका स्तूप (Transverse Sand Dunes)—जब बालुका स्तूपों का निर्माण प्रचलित पवन की दिशा के समकोण पर होता है तो उसे आड़े बालुका स्तूप या अनुप्रस्थ बालुका स्तूप कहते हैं। इनका निर्माण रेगिस्तानों की सीमा पर तथा रेतिले सागरीय तटों पर होता है। इनका निर्माण हल्की या क्षीण पवन द्वारा अधिक रेत वाले भागों में होता है। अनुप्रस्थ बालुका स्तूप प्रायः लहरदार होते हैं।

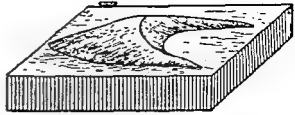
(स) बरकान या बरकान (Barkhans or Barchan or Barchane)—बरकान, वास्तव में अनुप्रस्थ बालुका स्तूप के ही विशिष्ट रूप होते हैं। इनका आकार चापाकार या नवषट्पाकार होता है तथा तुर्किस्तान में ये अधिक संख्या में मिलते हैं। बरकान मुख्य रूप से प्रचलित



चित्र 325—सीफ स्तूप (Scif-dunes) :



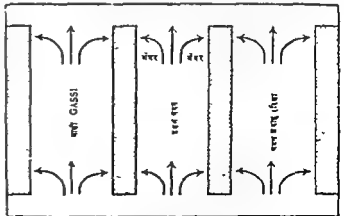
पवन के अनुप्रस्थ दिशा अपना समकोण पर निर्मित होते हैं। इनका पवनोन्मुखी ढाल उत्तम तथा पवनविमुखी ढाल (Leeward slope) अवतल होते हैं। इनके शिखर की ओर पूर्ण विकर्णित दो सीमें (Two horns) होती हैं, जो कि पवन के चलने की दिशा में निकली रहती हैं। बरकान मध्य में सर्वाधिक ऊँचे होते हैं। इनका निर्माण उस समय होता है, जबकि रेत की पूर्ति तथा पवन का वेग दोनों सामान्य हो। यदि रेत की पूर्ति पर्याप्त होती है तो बरकान शृङ्खलाओं में तथा मघन रूप में निर्मित होते हैं परन्तु यदि पूर्ति सामान्य या उससे भी कम होती है तो ये छोटे-छोटे तथा बिखरे हुए होते हैं। बरकान प्रायः शृङ्खला में स्थित होते हैं तथा इनकी शृङ्खलाये पवन की दिशा में होती हैं। प्रचलित पवन तथा भँवर द्वारा बरकान का शीर्ष भाग पवन की दिशा में (जिस दिशा की ओर पवन चलती है) दो नुकीले सिरो में विभक्त हो जाता है। पवन-भँवर, बरकान के पवन विमुखी ढाल में गत बना कर उसका ढाल अवतल कर देता है तथा रेत को बीच से हटा कर किनारे पर जमा करता रहता है जिस कारण नुकीले सिरो का आविर्भाव होता है। प्रचलित पवन उन सिरो को पवन की दिशा में विस्तृत करती है। परिणामस्वरूप बरकान का रूप अष्टपञ्चाकार या चापाकार हो जाता है। बरकान के निर्माण का प्रारम्भ अत्यन्त मग्न होता है। इसके निर्माण के लिये किसी विस्तृत अवरोध की आवश्यकता नहीं होती है। ममतल तथा खुली हुई बालुका मय सतह पर जैसा थोड़ा भी अवरोध होता है या पवन में परिवर्तन होता है, वैसे ही रेत का जमाव लघु द्वीपों के रूप में प्रारम्भ हो जाता है। वह ठेर स्वयं बरकान के निर्माण में सहायक होता है। बरकान ऊँचाई तथा लम्बाई दोनों में मिस्रता रखते हैं। बरकान की औसत ऊँचाई 100 फीट तक होती है। इनकी चौड़ाई, लम्बाई की अपेक्षा लगभग 12 गुना अधिक होती है। प्रचलित पवन के साथ बरकान के पवनोन्मुखी ढाल की ओर की रेत उड़कर पवन विमुखी ढाल की ओर गिरती है इस क्रिया के कारण बरकान निरन्तर आगे की ओर पलायन करता है। बरकान के इस पलायन द्वारा रेगिस्तान का निरन्तर विस्तार होता है जिस कारण रेगिस्तान के समीपवर्ती भागों ओरो तथा रेगिस्तान के मध्य स्थित मघानों (Oasis) को पर्याप्त क्षति उठानी



चित्र 326—Barkhans ।

पड़ती है। बरकानों के आसार आदि पर प्रचलित पवन का इतना अधिक प्रभाव पड़ता है कि मौसमी पवनो के साथ साथ उनकी दिशा भी बदलती रहती है। उदाहरण के लिए तुकिस्तान में एक मौसम में पवन दक्षिण दिशा में तथा दूसरे मौसम में उत्तर दिशा में प्रवाहित होती है। पवन के इस प्रमथन मौसमी परिवर्तन के साथ-साथ बरकान में दिशा परिवर्तन होता है। जब बरकान समूह में तथा शृङ्खलाओं में स्थित होते हैं तो रेगिस्तान को पार करना कठिन हो जाता है। ऐसी परिस्थिति में बरकान की दो श्रेणियों के मध्य स्थित रेत-मुक्त कारिडर (Sand-free corridor) या गासी (Gassi) द्वारा रास्ता बनाया जाता है। इसी गासी से होकर मन्यतो में जैदों के काफ़िला चलते हैं। इस कारण गासी को कारवाँ मार्ग (Caravan route) कहते हैं।

भारत में प्रायः सभी प्रकार के बालुका स्तूपों की स्थिति मिलती है। राजस्थान के थार के रेगिस्तान के पश्चिमी भाग में लम्बे-लम्बे पवनानुवर्ती या अनुदैर्घ्य स्तूप (Longitudinal sand dunes) अधिक मधरा में मिलते हैं जिनकी ऊँचाई 200 फीट तक होती है। अन्य प्रकार के स्तूपों के उदाहरण भी यहाँ मिलते हैं।



चित्र 327—रेतमुक्त कारिडर (Sandfree Corridor) या गासी (Gassi) ।

तटीय बालुका स्तूपों का विकास मत्लाबार तट, उड़ोसा तट, कच्छ व तिन्नेवाली तटों के सहारे पर्याप्त रूप से हुआ है। यहाँ पर भी मुख्य रूप से पवनानुवर्ती स्तूप ही मिलते हैं। गंगा, यमुना, कृष्णा तथा गोदावरी नदियों के तटों के उन भागों में, जहाँ पर रेत की अधिकता होती है, अनुप्रस्थ बालुका स्तूपों (Transverse sand dunes) का निर्माण सामान्य प्रक्रिया है। ये बालुका स्तूप मौसमी होते हैं। वर्षा के समय जब बाढ़ आती है तब ये जलमग्न हो जाते हैं। फरवरी के बाद से इनका निर्माण पुनः प्रारम्भ हो जाता है तथा अगनी वर्षा तक ये कायम रहते हैं।

### स्तूप-चक्र (Dune Cycle)

स्तूप से युक्त मरुस्थलों या अन्य स्थानों में विकास में कुछ विद्वानों ने चक्रीय व्यवस्था का प्रतिपादन किया है, अर्थात् स्तूपों का निर्माण, विकास तथा विनयन निश्चित अवस्थाओं से होकर सम्पन्न होता है। इस विचारधारा के प्रथम प्रतिपादक Aufrere, L. माने जाते हैं, जिन्होंने अपने विचारों का प्रतिपादन सन् 1931 ई० में 'Le cycle morphologique des dunes' नामक लेख में किया है। सहारा के एर्ग (Erg) का अध्ययन करने के बाद इन्होंने बताया कि मरुस्थलों में रेत का स्तूपों के रूप में संचयन बदलता रहता है तथा उनका विकास चक्रीय व्यवस्था के अन्तर्गत सम्पन्न होता है। स्तूपों के मध्य वाले रिक्त तथा गहरे भागों को Aufrere ने गामी (Gassi) की मज़ा प्रदान की। इन्होंने बताया कि सर्वप्रथम सामान्य अवरोध के कारण ढेरों के रूप में रेत का संचयन हो जाता है, जिनमें वृद्धि होने से स्तूप शृंखलाओं (Dune chains) का आविर्भाव होता है। इन शृंखलाओं का विस्तार गामी से पवन-भवर (Wind-eddy) द्वारा रेत की प्राप्ति से होता है। इन्होंने बालुका स्तूप के विकास में तरुणावस्था, प्रौढ़ावस्था तथा जीर्णावस्था, इन तीन अवस्थाओं की कल्पना की है—

1. तरुणावस्था में स्तूप वाले भागों में प्राग्भिक अवस्था में स्तूप टिपों तथा छिट-पुट अवस्था में मिलते हैं। स्तूपों की स्थिति पवन की अनुप्रस्थ दिशा में होती है। अतः अधिकतर स्तूप मरुस्थलीय भागों में बरचान (Bar-chan) का रूप धारण कर लेते हैं। परन्तु जहाँ पर वनस्पतियाँ होती हैं, वहाँ पर निर्मित स्तूपों का स्वरूप परवलयिक स्तूप (Parabolic dunes) होता है। 2. प्रौढ़ावस्था में अधिक स्तूप के निर्माण के कारण क्षेत्र विशेष स्तूप से भर जाता है। स्तूप शृंखलाओं का आविर्भाव हो जाता है। अर्थात् स्तूप समूह में मिलते हैं।

पवन के समानान्तर स्थित चूँचों की ऊँचाई अनुप्रस्थ स्तूप (Transverse dunes) की अपेक्षा अधिक हो जाती है। 3. जीर्णावस्था के प्रारम्भिक चरण में स्तूप शृंखलाओं का सर्वाधिक विकास होता है, परन्तु धीरे-धीरे पवन द्वारा रेत के उड़ा लिये जाने पर इनका आकार घटन लगता है। जीर्णावस्था के अन्तिम चरण में स्तूप शृंखलाओं के आकार में ह्रास होने लगता है तथा गामी (Gassi) का विस्तार होता है। कुल मिलाकर गामी का क्षेत्रफल स्तूपों के क्षेत्र में अधिक हो जाता है। जीर्णावस्था का अन्त उम्र गमय होता है, जबकि गामी का विस्तार और अधिक हो जाता है तथा उसकी खुली आधार शैल (Bed rock) समप्रायः मैदान (Peneplain) का रूप धारण कर लेती है। यद्यपि स्तूप के विकास की इस चक्रीय व्यवस्था की सराहना की गई परन्तु कर्क श्याम महोदय ने इसकी आलोचना करते हुए बताया कि महारा के मरुस्थलीय भाग में, जहाँ पर Aufrere ने स्तूप-चक्र की व्यवस्था का प्रयोग किया है, पवन-दिशा में परिवर्तन, वनस्पतियों की स्तूपों को स्थायी बनाने की प्रवृत्ति तथा हिमानी तथा हिमानी के बाद जलवायु के परिवर्तनों के प्रभाव द्वारा स्तूपों की चक्रीय व्यवस्था में उत्पन्न होने वाली गड़िलताओं का समाधान इस विचार-धारा के अन्तर्गत नहीं हो पाता है अर्थात् स्तूपों के विकास की चक्रीय व्यवस्था उपर्युक्त कठिनाइयों के कारण सम्भव नहीं हो सकती है।

स्मिथ महोदय (H. T. U. Smith, 1939-40) ने संयुक्त राज्य अमेरिका के वनस्पतियों द्वारा स्थायी स्तूपों के क्षेत्र में चक्रीय व्यवस्था का प्रतिपादन किया है। उन्होंने स्तूपों की चक्रीय व्यवस्था में दो अवस्थाओं का उल्लेख किया है—1. वायुकृत अवस्था (Eolian phase) इस अवस्था में वनस्पतियों का नियंत्रण कम रहता है तथा स्तूपों का विकास तथा विस्तार तीव्र गति में होता है। वनस्पतियों में अवरोध द्वारा रेत के निक्षेपण से रेत चादर (Sand sheet), रेत कटक (Sand ridges) तथा रेत-ढेर (Sand mounds) का निर्माण होता है। वनस्पतियों के अवरोध के अनुमान रेत का निक्षेप तीन रूपों में होता है—1. जब रेत का जमाव वनस्पतियों की पीछे अर्थात् वनस्पतियों के पवनोन्मुखी भाग में होता है तो उसे पृष्ठ सस्तर (Back set bed) कहते हैं। 2. वनस्पतियों के ऊपर निक्षेपित सस्तर को शीर्ष सस्तर (Top set bed) तथा 3. वनस्पतियों के आगे (पवन की दिशा में—जिस ओर पवन आ रही हो) वाला भाग में निक्षेपित स्तर को अग्र सस्तर (Fore set

beds) कहते हैं। स्मिथ ने अनुसार स्तूपों का विकास इन्हीं सतहों में एक एक की अभिवृद्धि (Accretion सम्मिश्रण) के कारण होता है। कन्सास के स्तूप क्षेत्र में पृष्ठ सतह सर्वाधिक होता है। जब रेत की पूति की अपेक्षा वनस्पतियों की वृद्धि अधिक होती है तो वनस्पतियाँ इन्हीं अवस्था करके अपने पवनोन्मुषी भाग पर एकत्रित करके स्तूपों का निर्माण करती हैं। कन्सास में, स्मिथ के अनुसार, अधिकांश स्तूपों का विस्तार पीछे की ओर तथा ऊपर की ओर होता है। आगे की ओर इनका विस्तार नगण्य होता है। इनका प्रमुख कारण वनस्पतियों द्वारा इनका स्थापित होना है। प्रारम्भ में ही वनस्पतियों द्वारा इन स्तूपों की स्थितियाँ स्थिर कर दी जाती हैं।

2. अनुद अवस्था (Eluvial Phase) — इस में वायुका स्तूपों के विस्तार के स्थान पर विनाश होने लगता है। जब वनस्पतियाँ अधिक हो जाती हैं तो पवन द्वारा अपवाहन तथा उड़ाव (Deflation) का कार्य मन्द पड़ जाने से रेत की प्राप्ति नहीं हो पाती है। स्तूपों की स्थिति स्थायी हो जाती है। क्षेत्र के सामान्य उच्चावच (Reliefs) में ह्रास होने लगता है। क्षेत्र की स्थलाकृति, स्तूपीय स्थलाकृति (Dunal topography) में परिवर्तित हो जाती है। इस तरह स्तूपों के विकास की चक्रीय व्यवस्था का अन्त हो जाता है। परन्तु जैसे ही वनस्पति-आवरण में ह्रास होने लगता है वैसे ही पुनः वायुकृत अवस्था (Eolian phase) का पदार्पण हो जाता है तथा स्तूपों का विस्तार होने लगता है। इस दशा की पुनरावृत्ति (Repetition) होने से स्तूप वाले क्षेत्रों में बहुचक्रीय स्तूपीय स्थलाकृति (Multi cyclic dunal topography) का विकास हो जाता है।

### लोयस (Loess)

पवन द्वारा उड़ायी गयी धूलों के निक्षेप में निम्नित स्वरूप को लोयस कहा जाता है। लोयस का सर्वप्रथम अध्ययन एक जर्मन विद्वान Von Richthofen द्वारा उत्तरी-पश्चिमी चीन में किया गया था। लोयस का नामकरण फ्रांस के अल्सस प्रान्त (Alsace) के लोयस (Loess) नामक ग्राम के आशर पर किया गया है क्योंकि यहाँ पर लोयस के समान ही मिट्टी का निक्षेप पाया गया है। लोयस का जमाव रसिमानों में द्रव्य भागों में होता है इसमें मिट्टियों के कण दृढ़त बांधे होते हैं कि इनमें परतें (Strata) नहीं मिलती हैं। परन्तु लोयस अत्यन्त पारगम्य (Porous) होती है। मिट्टी मुलायम होती है। लोयस का निर्माण उस समय

होता है जबकि धन के साथ मिट्टी हुई धूल नीचे बैठ कर एक स्थान पर बड़े पैमाने पर निक्षेपित हो जाती है। धूल का नीचे बैठना तीन कारणों द्वारा होता है—1 जहाँ पर वनस्पतियाँ होती हैं वहाँ पर धूल उनमें एक कर बैठने लगती है। 2 वर्षा का जन पवन के साथ मिली धूल को नीचे बैठना देता है। 3 धन के कण आपस में सम्बद्ध होकर नीचे बैठने लगते हैं। लोयस में सिल्ट (Silt), मृत्तिका (Clay) तथा कुछ रेत की मात्रा रहती है। लोयस के निर्माण के लिए आवश्यक सामग्री (धूल आदि) मरुस्थलीय भागों की रेत, नदियों के बाढ़ क्षेत्र तथा रेतोने सटो तथा हिमनदीय अपक्षेप (Glacial outwash) से प्राप्त होती है। लोयस के जमाव से सतह की उच्चावच सम्बन्धी असमानतायें प्रायः समाप्त हो जाती हैं परन्तु ऊँची-ऊँची चोटियाँ कभी-कभी लोयस की सतह के ऊपर भी निकली रहती हैं। लोयस का जमाव सागर-तल से लेकर 5,000 फीट तक मिलता है। प्रारम्भ में कुछ स्थानों पर नदियों के मैदानी भाग में स्थित लोयस के जमाव को कम ऊँचाई पर होने के कारण नदी-कृत बनाया गया था, परन्तु जब इनकी स्थिति का 1500 मीटर की ऊँचाई तक पता चला तो यह विश्वास हो गया कि लोयस का निर्माण अधिश्र व्यापक होता है। लोयस में क्वार्ट्ज (Quartz), फेल्सपार (Felspar) अश्रक तथा रत्नमाइट आदि पदार्थों का मिश्रण पाया जाता है। लोयस का रंग पीला होता है जिसका प्रमुख कारण आक्सीकरण की क्रिया होती है। अन्य अवक्षेप (Weathering) का प्रभाव लोयस पर नहीं हो पाता है। लोयस की मोटाई 900 फीट से लेकर 3 फीट तक पाई जाती है।

लोयस के प्रकार लोयस के निर्माण में भूगर्भ नामग्री के प्राक्-स्थान के आधार पर लोयस का मरुस्थलीय लोयस तथा हिमनदीय लोयस दो प्रकारों में विभक्त किया जाता है। मरुस्थलीय भागों में लोयस आने वाली धूल के जमाव में निम्नित तारम की मरुस्थलीय लोयस कहा जाता है। चीन में लोयस का देशन इसका प्रथम उदाहरण है। अन्तरास्थितनदीय गुण (Interglacial Periods) के हिमनदियों के द्वारा बा मुक्त समय के समय प्रियापीनियन निक्षेपों में पवन द्वारा जमाव के दूरस्थ भागों में निक्षेप के कारण लोयस का जमाव निर्माण होता है तथा इस हिमनदीय लोयस (Glacial Loesses) रहता है।

लोयस का वितरण — लोयस का वितरण विशाल चीन के उत्तरी-पश्चिमी भाग में हुआ है तथा इस भाग

की लोयस की उत्पत्ति के विषय में किसी भी प्रकार का विवाद नहीं है। यहाँ पर लोयस का निर्माण मध्य एशिया के रेगिस्तानों से उड़ाकर लायी गई धूल के बैठने से हुआ है। चीन के स्टेपी भाग की घास लोयस के निक्षेप में अत्यन्त सहायक होती है। यहाँ पर लोयस का विस्तार लगभग 3 लाख वर्गमील क्षेत्र में मायर-तल से लेकर 8,000 फीट की ऊँचाई तक पाया जाता है तथा लोयस की गहराई 300 से 1,000 फीट तक है। चीन की लोयस मिट्टी का रङ्ग पोला है तथा यह अत्यन्त कोमल तथा अपारणम्य है। इस भाग में नदियों ने लोयस को काट करके खड्ड (Ravines) में विभक्त करके उत्पात स्थलाकृति (Badland topography) को जन्म दिया है। नदियाँ आमाजी न लोयस को काट करके उसका परिवहन करके अपनी घाटियों में जमा करती रहती है, जिस कारण नदियों का तल-ऊपर उठता जाता है तथा दोनों तटों पर प्राकृतिक तटबन्ध (Natural levees) का निर्माण हो जाता है। इस क्रिया के कारण नदी का तल समीपी सतह से अधिक ऊँचा हो जाता है। जब अचानक तटबन्ध टूट जते हैं तो समीपी भाग में भयंकर बाढ़ आ जाती है। ह्वांगहो नदी इस घटना की प्रमुख उदाहरण है। यही कारण कि ह्वांगहो को 'चीन का शोक' कहते हैं।

कहीं पर लोयस का विस्तार नदियों की बेडिकाओं (Terraces) पर भी मिलता है। साथ ही साथ लोयस का निक्षेप सामान्य ऊँचाई से लेकर 5,000 फीट की ऊँचाई तक मिलता है। इतना ही नहीं प्लीस्टोसीन हिमयुग की अन्तिम हिमचादर द्वारा आवृत क्षेत्र से अधिक दूरस्थ भागों में लोयस का विस्तार हुआ है। इसके विषय में यही निर्णय दिया जा सकता है कि हिमनदीय लोयस का निर्माण प्रारम्भ में निश्चित रूप से पवन द्वारा हुआ होगा परन्तु बाद में जल द्वारा इनका पुनर्वितरण हो गया होगा। समुक्त राज्य अमेरिका के अर्द्ध-शुष्क भागों में तथा मिसीसिपी एवं मिसौरी नदियों की घाटियों में लोयस के समान मिट्टी का जमाव मिलता है। इस जमाव को समुक्त राज्य अमेरिका में एडोब (Adobe) कहते हैं। संरचना तथा अन्य गुणों में एडोब यूरोप तथा एशिया की लोयस से पूर्णतया साम्य रखती है। लोयस का विस्तार इल्लिनोयस, आयोवा तथा नेब्रास्का प्रान्तों में अधिक मिलता है तथा लोयस का विस्तार दक्षिण में मेक्सिको की खाड़ी तक चला गया है, परन्तु लोयस मिसीसिपी नदी के पूर्व नहीं मिलती है। यूरोप के समान ही अमेरिका की लोयस की वास्तविक उत्पत्ति के विषय में पर्याप्त मतभेद है। प्रायः ऐसा विश्वास किया जाता है कि अन्तराहिमनदीय शुष्क समय में लोयस का निक्षेप पवन द्वारा हुआ होगा। तबन्तर नदियों आदि द्वारा पुनर्वितरण कर दिया गया होगा। पश्चिमी अर्द्ध शुष्क रेगिस्तानों से भी पवन द्वारा लायी गयी धूल के निक्षेपण से लोयस का निक्षेप हुआ है। इस तरह अमेरिका की लोयस आंशिक रूप में हिमनदीय लोयस तथा आंशिक रूप में मरुस्थलीय लोयस है। अर्जेंटीना के पम्पास में भी लोयस का विस्तार मिलता है। आर्थिक दृष्टिकोण से लोयस मिट्टी महत्त्वपूर्ण होती है। जहाँ पर सिंचाई की सुविधाएँ प्राप्त हो जाती हैं, वहाँ सफलतापूर्वक इपि की जाती है। उदाहरण के लिये उत्तरी चीन, दक्षिणी रूस तथा मध्य समुक्त राज्य अमेरिका के लोयस भागों में कृषि की जाती है। लोयस मिट्टी का उपयोग ईंट बनाने के लिये भी किया जाता है। चीन की लोयस वाले भाग में मिट्टी को खोद कर मकान भी बना लिये जाते हैं, क्योंकि इसमें मिट्टी को काटने से दीवालें खड़ी रहती हैं परन्तु भूहलचल या भूकम्प के समय इनके गिर जाने से भयंकर क्षति उठाने पड़ती है। चीन के कान्सू प्रान्त में मई 1920 तथा 1927 ई० में भयंकर भूकम्प के कारण लोयस के मकानों के गिर जाने से क्रमशः 2,00,000 तथा 1,00,000 व्यक्ति कालकवलित हो गये।

चित्र 328—उत्तरी नील का लोयस-क्षेत्र ।

### शुष्क प्रदेशों में अपरदन-चक्र

#### (Cycle of Erosion in Arid Regions)

सामान्य परिचय—शुष्क प्रदेशों में अपरदन-चक्र की व्यवस्था का प्रतिपादन सर्वप्रथम डेविस द्वारा सन् 1905 ई० में किया गया। आगे चलकर इस विषय में और अधिक अन्वेषण तथा फील्ड रिसर्च के परिणामस्वरूप शुष्क प्रदेशीय स्फुट्टि चक्र (Arid Geomorphic Cycle) को कई विद्वानों द्वारा मान्यता प्राप्त हुई। डेविसकी आर्द्र प्रदेशों में अपरदन-चक्र की व्यवस्था उस समय (1905) सीमित उपकरणों पर आधारित थी। अतः आगे चलकर इनकी अपरदन-चक्र की व्यवस्था में अनेक विद्वानों ने संशोधन प्रस्तुत किये। यद्यपि शुष्क प्रदेशों में अपरदन-चक्र की विचारधारा को वर्तमान समय तक पर्याप्त समर्थन प्राप्त है परन्तु अब तक उसके सामने से लगे प्रश्न-वाचक चिह्न को हटाया नहीं जा सका है अर्थात् अब तक इस प्रश्न का, कि क्या रेगिस्तानी शुष्क भागों में अपरदन चक्र सम्भव है? पूर्णतया निराकरण नहीं हो पाया है। डेविस की चक्रीय व्यवस्था मूलरूप में सैद्धान्तिक ही है। उसका प्रायोगिक रूप पूर्णरूपण सम्भव नहीं है। शुष्क अपरदन-चक्र (The Arid-cycle of erosion) के विषय में यह जान लेना आवश्यक है कि शुष्क रेगिस्तानी भागों में अपरदन का प्रमुख साधन पवन है परन्तु यहाँ पर अपरदन चक्र एकमात्र पवन द्वारा ही सम्पन्न नहीं होता है बल्कि उमम जल के कार्य का भी सहयोग होता है। इसीलिए रेगिस्तानी भागों में नदियों तथा अनेक कार्यों का संक्षिप्त उल्लेख आवश्यक है। शुष्क रेगिस्तानी भाग प्रायः वर्षा-विहीन होते हैं। यद्यपि शुष्क मरुस्थलों में वार्षिक औसत वार्षिक वर्षा 5" (12.5 सेमी) तक मानी जाती है परन्तु कभी-कभी रेगिस्तानी भाग वर्षा की एक बूंद भी नहीं प्राप्त कर पाते हैं। इससे विपरीत कभी-कभी कुछ ही घण्टों में अचानक रूप से कई सेंटीमीटर तक वर्षा हो जाती है। इस तरह शुष्क मरुस्थलीय भागों में नदियाँ अल्पकालिक (Ephemeral) होती हैं। इनका सम्पूर्ण मार्ग में नहीं हो पाता है। मरुस्थल के अन्तर्गत 75 इनका आविर्भाव होता है तथा उतनी काल्पनिक रूप भी हो जाता है। अचानक सृष्टि के माप छोटी-छोटी किन्तु बगवती नदियाँ उमड़ पड़ती हैं परन्तु कुछ ही घण्टों बाद उनका जीवन समाप्त होन लगता है। आर्द्र प्रदेशों के विपरीत शुष्क प्रदेशों की नदियों में अपरदन में प्राप्त मत्सवा इतना अधिक होता है कि कभी-

कभी नदियाँ पूर्णतया पंक (Mud) से भरी रहती हैं तथा पंक प्रवाह (Mud flow) का सुन्दर उदाहरण प्रस्तुत करती हैं। रेगिस्तानी भागों को पार करने वाली केवल वे नदियाँ होती हैं जिनका उद्गम स्थान किसी आर्द्र प्रदेश के पर्याप्त वर्षा वाले भाग में होता है अन्यथा रेगिस्तानी भागों की सभी नदियाँ, जो कि मरुस्थलों में ही जन्म लेती हैं, अत्यन्त छोटी-छोटी होती हैं। आर्द्र प्रदेशों के विपरीत रेगिस्तानी की नदियाँ उल्थावच (Reliefs) में शुद्धि न करके उनका हास ही करती हैं, क्योंकि अधिक मत्सवा के कारण निक्षेप, अपरदन की अपेक्षा अधिक सक्रिय होता है। रेगिस्तानी की नदियाँ प्रायः एक बेसिन में गिरती हैं। अतः यहाँ पर प्रवाह-प्रणाली केन्द्रोन्मुखी (Centripetal) या आन्तरिक (Inland) होती है। इस तरह की प्रवाह-प्रणाली विश्व के प्रमुख रेगिस्तानों, अटाकामा, सहारा, अरब, पश्चिमी आस्ट्रेलिया, गोबी, तुकसा मरुस्थल तथा कालाहारी में मिलती है। इस तरह शुष्क अपरदन चक्र पवन तथा जल के पारस्परिक क्रिया-कलापों का परिणाम होता है। नीचे शुष्क अपरदन चक्र की आलोचनात्मक व्याख्या प्रस्तुत की जा रही है।

चक्र की प्रारम्भिक अवस्था—शुष्क अपरदन-चक्र के प्रारम्भ के लिये सर्वप्रथम आवश्यक दशा शुष्क होनी चाहिए तथा औसत वार्षिक वर्षा 10 इंच (25 सेंटीमीटर) से किसी भी रूप में अधिक नहीं होनी चाहिए। चक्र के प्रारम्भ होने के पहले यह मान लिया जाता है कि मरुस्थलीय भाग का बलम या भ्रमन के कारण उत्थान हो जाता है। स्थल भाग की संरचना किसी भी प्रकार की हो सकती है। परन्तु मुख्य रूप से वातुका प्रस्तरो की अधिकता होती है। भूसंचलन के कारण पर्वतों में या पहाड़ियों से घिरी हुई बेसिन (Intermontane basins—अन्तरा पर्वतीय बेसिन) का आविर्भाव होता है, जिसमें केन्द्रोन्मुखी सरिताओं (Centripetal streams) का विकास होता है। ये बेसिन एक दूसरे से पर्वतों द्वारा अलग की जाती हैं। केन्द्रोन्मुखी प्रवाह-प्रणाली की प्रायः सभी नदियाँ अनुवर्ती (Consequent) होती हैं। प्रत्येक बेसिन में केवल स्थानीय सरिताएँ ही पड़ती हैं। इस तरह से अलग-अलग बेसिन के कारण अलग-अलग प्रवाह-प्रणालियाँ होती हैं। मरुस्थल द्वारा एक बेसिन से दूसरी बेसिन का सम्बन्ध नहीं हो पाता है। प्रत्येक बेसिन अपनी सरिताओं के लिये अपरदन का आधार बन जाती है। नदियों की मम्बाई

तथा उनकी घाटियों के आकार में पर्याप्त भिन्नता होती है। प्रत्येक नदी अपनी बेसिन की तली तक नहीं पहुँच पाती है। कुछ रास्ते में ही बाष्पीकरण के कारण सूख जाती हैं तथा कुछ रेत में अदृश्य हो जाती हैं। शुष्क रेगिस्तानों में अपरदन के आधार-तल के विषय में विद्वानों में पर्याप्त मतभेद है। सामान्य रूप में भीम जलरत्नर को अपरदन की अन्तिम सीमा माना जाता है। उपर्युक्त परिस्थितियों के साथ शुष्क रेगिस्तानों में अपरदन-चक्र प्रारम्भ होता है। अपक्षय के विभिन्न रूपों (उदाहरण के लिये ताप द्वारा गैलों का विघटन, सत चट्टानों पर वर्षा की छोटी दूरी द्वारा चटकन आदि) द्वारा भी अपरदन में पर्याप्त महा-यता मिलती है। शुष्क अपरदन-चक्र की विभिन्न अवस्थाओं का उल्लेख करने के पूर्व इसका, आर्द्र प्रदेशों में अपरदन-चक्र से अन्तर स्थापित करना आवश्यक है। डेबिस महोदय के अनुसार दोनों चक्रों में निम्न अन्तर स्थापित किये जा सकते हैं।

(i) शुष्क अपरदन-चक्र मुख्य रूप से शुष्क जलवायु (25 सेण्टीमीटर से कम वार्षिक वर्षा) में तथा अपरदन का सामान्य चक्र (Normal cycle of erosion) आर्द्र जलवायु अर्थात् दो चक्र दो विभिन्न प्रकार की जलवायु में सम्पन्न होते हैं।

(ii) आर्द्र प्रदेशों तथा शुष्क प्रदेशों के वाही-जन (Run off) तथा मरिनाओं में पर्याप्त अन्तर होता है। यदि प्रथम में कई प्रकार की प्रवाह-प्रणालियाँ, सतत वाहिनी सरितायें तथा अधिक जल वर्षा होती है तो अन्तिम में केन्द्रोमुखी प्रवाह-प्रणाली तथा अल्पकालिक सरिताओं का ही प्राधान्य रहता है। यहाँ की नदियाँ वास्तव में नदियाँ नहीं कही जा सकती हैं।

(iii) शुष्क अपरदन चक्र में तरणावस्था में उच्चावच का पर्याप्त ह्रास होता है जब कि सामान्य चक्र में उच्चावच की वृद्धि होती है। यहाँ पर उच्चावच का ह्रास प्रौढावस्था में होता है।

(iv) जैसे-जैसे अपरदन-चक्र आगे की ओर बढ़ता जाता है, उच्चावच निरन्तर घटते हैं।

(v) केन्द्रोमुखी प्रवाह-प्रणाली के साथ अनुवर्ती नदियों (Consequent streams) की प्रधानता होती है।

(vi) यदि तरणावस्था में उच्चभागों की तीव्र गति से निम्नीकरण (Degradation) होता है तो साथ ही साथ बेसिन की अधिवृद्धि (Aggradation) भी होती रहती है।

(vii) सर्वतः अपरदन का आधार-तल एक ही नहीं होता है बल्कि अलग-अलग बेसिन के कारण वे कई की

सख्या में होते हैं। जैसे-जैसे बेसिन मलबा से भरती जाती है, स्थानीय आधार-तल (Local Base levels) भी ऊँचे उठते जाते हैं।

(viii) प्रौढावस्था में उच्चावच का ह्रास अधिक हो जाता है, जिस कारण समोपी बेसिन की मरिताओं में समाकलन (Integration—समन्वय अर्थात् नदियाँ एक दूसरे में सम्मिश्रित होने लगती हैं) होने लगता है।

(ix) अन्त में जीर्णवस्था के समय पवन द्वारा रेत के अपवाहन या उडाव (Deflation) द्वारा मर पेनीप्लेन (Desert peneplain) का आविर्भाव होता है, जिसमें इन्सेलबर्ग (Inselberg), मोनाडनाक के समान होता है।

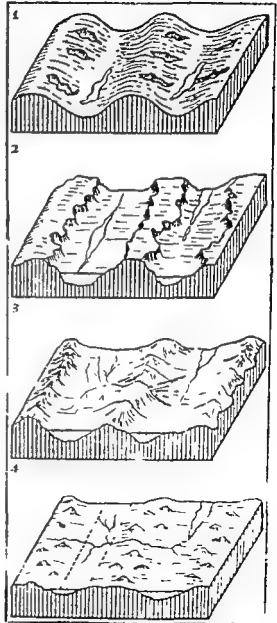
तरणावस्था—तरणावस्था में अपरदन तथा निक्षेप दोनों साथ-साथ चलते हैं। उच्च भाग अपरदित होते हैं तथा नदियाँ पर्वतीय ढालों पर अपनी घाटियों का विकास करती हैं। ऊपरी ढाल से अपरदित पदार्थ बेसिन में जमा होने लगता है, जिस कारण बेसिन की तली उथली होने लगती है। इस क्रिया के कारण प्रत्येक स्थानीय आधार तल ऊँचे होने लगते हैं। तरणावस्था में दो क्षेत्रों की स्पष्ट रूप से निर्धारित किया जा सकता है—1. निम्नीकरण का क्षेत्र (Zone of Degradation)—यह उच्च भागों में ढालों पर अपरदन द्वारा बनता है। 2. जमाव या अधिवृद्धि का क्षेत्र (Zone of accumulation or aggradation)—इस क्षेत्र का आविर्भाव बेसिन में मलबा के निक्षेप होने से होता है। बेसिन में मलबा में भरने तथा उच्च भागों के अपरदित होने में उच्चावच (Relief) नीचे होते हैं। घाटियों के मुख के पास जलोढ़ पंखों (Alluvial fans) का निर्माण होता है। बेसिन में जल के एकत्र होने से प्लेया झील (Playa lake) का आविर्भाव होता है। वास्तव में प्लेया सिल्ट या नमक-युक्त बेसिन होती है। रिस कर आये हुए जल तथा नदियों द्वारा लाये गये जल के साथ नमक के अंश भी प्लेया में आ जाते हैं। इस कारण प्लेया का जल खारा हो जाता है। यदि प्लेया झील के कुछ जल का बाष्पीकरण हो जाता है तो झील के किनारों पर नमक का निक्षेप हो जाता है। यदि झील के जल का या तो बाष्पीकरण द्वारा या जल के रिस जाने के कारण पूर्णतया लोप हो जाता है तथा झील सूख जाती है तो प्लेया में सिल्ट तथा नमक के मिश्रित जमाव हो जाते हैं। सरिता अपरदन के अलावा जहाँ कहीं भी शुष्क रेत मुलम होती है, पवन का अपवाहन कार्य (Deflation-उडाव) प्रारम्भ हो जाता है। यदि प्लेया में नमक की मोटी परत का जमाव हुआ रहता है तो वह अपवाहन के लिये बाधक

होता है। परन्तु यदि नमक की परत पतली होती है तो पवन के अपवाहन (उदाव) द्वारा प्लेया में (यदि सभी जल का वाष्पीकरण हो गया है) छोटे-छोटे खोखले गर्त (Hollows) निर्मित हो जाते हैं। प्लेया में यत-यत बाबुका स्तूपों का निर्माण होने लगता है। तरुणावस्था के अन्तिम चरण में उच्च भागों के अपरिचित होने पर दो बेसिन का बलन करने वाले अवरोधों (Barriers) के नीचा हो जाने के कारण एक बेसिन का दूसरी बेसिन द्वारा अपहरण होने लगता है। इस क्रिया के कारण प्रवाह-प्रणाली में समन्वय (Integration-समन्वय) होने लगता है। यह दशा तरुणावस्था के अन्त तथा प्रौढ़ावस्था के प्रारम्भ की परिचायिका होती है।

**प्रौढ़ावस्था**—प्रौढ़ावस्था के समय उच्चावच में ह्रास तीव्र गति से होता है। परन्तु यह स्मरणीय है कि तरुणावस्था से प्रौढ़ावस्था में पदार्पण मंद गति से होता है क्योंकि वर्षा अत्यन्त सीमित होती है। पर्वतों का अपभ्रम अपरदन द्वारा पीछे की ओर हटता है, जलविभाजक संकरे होन लगते हैं तथा मध्यवर्ती बेसिन अधिक विस्तृत होन के साथ ही साथ मलबा के निक्षेप के कारण ऊँची भी होती जाती है। प्लिनियन नदी पर निर्मित कई जलोढ़ पट्ट (Alluvial fans) मिलकर बाजाडा (Bajada) का रूप धारण कर लेते हैं। पर्वतीय अपभ्रम तथा बाजाडा व बीच अपरदन द्वारा निर्मित पेडिमेंट (Pediment) का विकास हो जाता है। प्रौढ़ावस्था के अन्तिम चरण में जल का कार्य तथा निम्नीकरण कम होन लगन है। इसके दो कारण हैं। प्रथम यह कि अधिक अपरदन के कारण ऊँचाई तथा ढाल प्रायः समाप्त हो गये हैं। दूसरा यह कि अपरदन द्वारा ऊँचाई में कमी हो जाना के कारण वर्षा में कमी हो जाना में आवश्यक जल की प्राप्ति नहीं हो पाती है। अधिक ऊँचाई के कारण ही भाप में भारी घनत्व का घनीभवन (Condensation) कम होन में वर्षा कम हो जाती है। इस कारण प्रौढ़ावस्था के अन्तिम चरण में पवन का कार्य सर्वाधिक महत्वपूर्ण हो जाता है। अपरदन की क्रिया (Deflation) द्वारा पन का उदाव अधिक प्रबल हो जाता है। बेसिन के किनारों पर स्थित जलोढ़ के हल्के आभरण का पवन उदाव नमन सहर्ष की प्रकट कर देती है। स्थान-स्थान पर पवन द्वारा गर्तों का निर्माण हो जाता है।

**कोर्णावस्था**—कोर्णावस्था के समय सभी उच्च भाग अपरिचित होकर निम्न सहर्ष के रूप में परिवर्तित हो जाने

हैं। कुछ प्रतिरोधी घात, अपरदन के अवशेष के रूप में सामान्य सहर्ष से ऊँची रह जाते हैं। इन्हें इन्सेलबर्ग (Inselberg) कहा जाता है। इन्सेलबर्ग वास्तव में द्वीप नुत्य पर्वत या पहाड़ियाँ होते हैं। कुछ विद्वानों ने इन्सेलबर्ग की शुद्ध अपरदन चक्र का अन्तिम रूप माना है तथा



चित्र 329 चार अवस्थाओं का पन अपरदन का क्रमिक चक्र 1 प्रारम्भिक अवस्था 2 तरुणावस्था 3 प्रौढ़ावस्था तथा 4 कोर्णावस्था।

इन्हे सामान्य अपरदन चक्र के मोनाडनाक (Monadnock) के रूप में स्वीकार किया है। यह विचारधारा अत्यन्त विवादग्रस्त है। इसका सक्षिप्त उल्लेख आगे किया जायेगा। चक्र के अन्त में अपवाहन (Deflation) इतना अधिक हो जाता है कि समस्त रेगिस्तानी भाग एक समप्राय मैदान के रूप में परिवर्तित हो जाता है। मरुस्थलीय भाग में अपरदन की अन्तिम सीमा या आधार-तल जल स्तर द्वारा निर्धारित होता है। अतः चक्र के अन्त में निर्मित मरुस्थलीय मैदान सागर तल से ऊपर भी हो सकता है, नीचे भी। कुछ विद्वानों ने 'शुष्क अपरदन चक्र' के अन्त में निर्मित स्थलरूप को मरु पेनीप्लेन की सजा प्रदान की है तथा इसकी समता 'अपरदन के सामान्य चक्र' के पेनीप्लेन से की है।

शुष्क प्रदेशों रेगिस्तानों में मरुस्थलों के सम्बन्ध में अनेक विद्वानों ने पेडीमेण्ट के निर्माण तथा उसके विकास की विभिन्न अवस्थाओं का उल्लेख किया है। चक्र की अन्तिम अवस्था में पेडीमेण्ट के विस्तार तथा कई पेडीमेण्ट के मिल जाने से विस्तृत 'मरु पेनीप्लेन' (Desert peneplain) का विकास होता है, जिस पर यत्र तत्र उठे हुए इन्सेलबर्ग मोनाडनाक के समान होते हैं। वास्तव में चक्र की अन्तिम अवस्था में पेडीमेण्टेशन (Pedimentation) के कारण एक क्रमबद्ध सतह (Graded surface) का निर्माण होता है। इस क्रमबद्ध सतह का नामकरण विभिन्न विद्वानों ने अलग-अलग किया है। लामन महोदय (A. C. Lawson, 1915) ने शुष्क अपरदन चक्र की अन्तिम अवस्था के स्थलरूप को पैनफैन (Panfan) की सजा प्रदान की है। लामन ने पैनफैन की समता, "अपरदन के सामान्य चक्र" के पेनीप्लेन से की है। परन्तु लामन की यह विचारधारा अमान्य है, क्योंकि पैनफैन का शाब्दिक अर्थ (समस्त पक्ष) भ्रामक है। क्योंकि 'फैन' या पक्ष का प्रयोग तीव्र ढाल के आधार पर निर्मित जलोढ़ पंख के लिये किया जाता है। इसके विपरीत 'शुष्क अपरदन-चक्र' की अन्तिम स्थलाकृति 'अपरदित आधार शैल' वाली होती है। अतः लामन की 'पैनफैन' की नामावली अमान्य है। डेविस महोदय (1933) ने संयुक्त राज्य अमेरिका के कैलिफोर्निया प्रान्त के मोजावे रेगिस्तान (Mojave Desert) में शुष्क अपरदन-चक्र की अन्तिम अवस्था में उत्पन्न स्थलरूप को क्रमशः 'ट्रेनाइट गुम्बद' तथा 'मरु-गुम्बद' की सजा प्रदान की है। डेविस की इस नामावली पर सबसे बड़ी आपत्ति यह है कि यह आवश्यक नहीं है कि शुष्क अपरदन की अन्तिम स्थलाकृति गुम्बदीय होती है।

सन् 1935 ई० में पेडीमेण्ट के सम्मिलन से उत्पन्न (अपरदन में निर्मित) जलोढ़ निर्मित सतह के लिये मैक्सन तथा एण्डर्सन (J. H. Maxon and G. H. Anderson, 1935) ने 'पेडीप्लेन' (Pediplain) अर्थात्—'पदस्थली' नामावली का प्रयोग किया है। पद-स्थली या पेडीप्लेन का निर्माण, इन विद्वानों के अनुसार, कई पेडीमेण्ट के मिल जाने से होता है तथा इस पर यत्र-तत्र मरुगुम्बद भी मिलते हैं। सन् 1942 में होवर्ड (A. D. Howard) ने इसके लिये पेडीप्लेन (Pediplane) शब्द का प्रयोग किया।

सन् 1950 ई० में प्रसिद्ध भू-आकृति विज्ञान वेत्ता किंग (L. C. King) ने पेडीप्लेनेशन-चक्र (Cycle of Pediplanation) की विचारधारा का प्रतिपादन किया। डेविस द्वारा प्रतिपादित 'शुष्क अपरदन-चक्र' की व्यवस्था की अपेक्षा किंग महोदय की इस नवीन विचारधारा को अधिक समर्थन मिल रहा है। किंग की व्यवस्था में अपरदन द्वारा कगार के पीछे हटने (Scarp retreat) तथा पेडीमेण्ट के निर्माण की क्रिया को अधिक महत्त्व दिया गया है। अपरदन-चक्र की तरुणावस्था में नदियों के अपरदन द्वारा पर्वतीय ढालों पर तीव्र ढालों वाली सतहों का निर्माण होता है। जिससे छोटे-छोटे पेडीमेण्ट का निर्माण होता है। पेडीमेण्ट वास्तव में पर्वतीय भागों पर अपरदन द्वारा निर्मित अवतल ढाल वाले स्थलरूप होते हैं। इनके ऊपर जलोढ़ या काप का हल्का आवरण हो सकता है। प्रारम्भ में ये पेडीमेण्ट विस्तार में सीमित होते हैं। परन्तु जैसे-जैसे उच्च भाग अपरदित हो जाते हैं, तथा कगार (Scarps) पीछे की ओर हटते जाते हैं, पेडीमेण्ट अत्यधिक विस्तृत होते जाते हैं तथा मरुस्थल के ये सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण स्थलरूप होते हैं। ऊँच-ऊँचे भाग अपरदित होकर इन्सेलबर्ग में परिवर्तित हो जाते हैं। जीर्णवस्था के समय पेडीमेण्ट का विस्तार इतना अधिक हो जाता है कि कई पेडीमेण्ट मिल जाते हैं जिससे पेडीप्लेन का निर्माण होता है। इस पेडीप्लेन की विस्तृत सतह पर इन्सेलबर्ग ऊँचे उठे रहते हैं। किंग महोदय ने अफीका से अनेक पुष्टतया विकसित पेडीप्लेन के उदाहरण प्रस्तुत किये हैं।

शुष्क मरुस्थलों के विशिष्ट स्थलरूप (Peculiar Land forms of Arid Regions)—शुष्क मरुस्थलीय भागों में पवन तथा जल के सम्मिलित कार्य द्वारा कुछ ऐसे विशिष्ट प्रकार के स्थलरूपों (यद्यपि इनका सक्षिप्त उल्लेख ऊपर किया जा चुका है) का निर्माण होता है, जिनका अलग-अलग उल्लेख आवश्यक है। इनमें से प्रमुख



है—उत्खात भूमि तथा उत्खात स्थलाकृति (Bad lands and badland topography), प्लेया (Playas) बाज़रा तथा पेडोमेण्ट (Pediments)।

### उत्खात स्थलाकृति (Badland Topography)

जिन अर्द्धशुष्क तथा शुष्क रेगिस्तानी भागों में परत-दार गैल के स्तर क्रमशः एक दूसरे के बाद होते हैं, वहाँ पर अमामयिक वर्षा के कारण सतह पर छोटी-छोटी जलधारायें (Channels) बन जाती हैं, जस की पूति के साथ छोटी-छोटी सरिताओं का आविर्भाव होने लगता है। इन सरिताओं द्वारा अपरदन के कारण खड्ड (Ravines) तथा गहरी पाटियों का निर्माण होता है। खड्डों तथा पाटियों को अलग करते हुए असमान तथा ऊबड़-खाबड़ कटक (Ridges) निमित्त हो जाते हैं। स्थान-स्थान पर विभेदक अपरदन (Differential erosion) द्वारा प्रतिरोधी गैल कम अपरदित होने के कारण अपरदन के अवशिष्ट भाग के रूप में दृष्टिगत होती है। इस तरह खड्डों, पाटियों, कटकों तथा गिखरों के कारण समस्त धरातलीय सतह अत्यन्त उबड़-खाबड़ तथा असमान हो जाती है। इस तरह की सतह को पार करना अत्यन्त कठिन होता है। इस तरह की स्थलाकृति को उत्खात स्थलाकृति (Badland topography) कहते हैं। इस स्थलाकृति का निर्माण उस समय भी होता है जब कि मरस्थलीय भागों में चट्टानों की सरचना सम्भवतः स्तरीय बाली होती है। यांत्रिक अपक्षय तथा आशिक रूप में रासायनिक अपक्षय के कारण शैल में विघटन होता है, जिस कारण पवन विघटित ढीले पदार्थों को उड़ा ले जाती है। परिणामस्वरूप एक असमान (अँबी-नीची सतह वाली) सतह का निर्माण होता है, जिसमें मुकीले अँबे भाग ऊपर की ओर उठे होते हैं तथा उनके बीच में खड्ड तथा गर्त होते हैं। जलबर्ती (कनाडा), मोण्टाना, वायोमिंग, उत्तरी तथा दक्षिणी डैकोटा, न्यूमेक्सिको, यूटा (Utah) कोलोरेडा एरिज़ोना, नेवादा तथा कैलिफोर्निया प्रान्तों में उत्खात स्थलाकृति का विकास हुआ है। इसी तरह के उदाहरण ग्राम सभी शुष्क तथा अर्द्ध-शुष्क रेगिस्तानों में मिलते हैं। यह स्मरणीय है कि किसी भी दो महाप्रदेशों की उत्खात स्थलाकृति यद्यपि समान होती है परन्तु एक भी नहीं होती है। वास्तव में प्रत्येक मरस्थल की उत्खात स्थलाकृति की अपनी अलग-अलग विशेषता होती है। शुष्क तथा अर्द्ध शुष्क रेगिस्तानी भागों की इस उत्खात स्थलाकृति को आर्द्र-प्रदेशों के लाइमस्टोन शैल वाले भागों की

कार्स्ट स्थलाकृति से अलग ही समझना चाहिए। यद्यपि दोनों स्थलाकृतियाँ देखने में समान लगती हैं परन्तु दोनों के निर्माण की प्रक्रिया में पर्याप्त अन्तर होता है। संक्षेप में यह स्थलाकृति महस्थली भागों में पवन तथा सरिता-अपरदन और यांत्रिक अपक्षय द्वारा निमित्त होती है। इसके विपरीत कार्स्ट स्थलाकृति का निर्माण लाइमस्टोन शैल वाले आर्द्र भागों में सतह के ऊपर सरिता द्वारा तथा सतह के नीचे भूमिगत जन के अपरदन द्वारा होता है। कार्स्ट स्थलाकृति के निर्माण में रासायनिक अपक्षय, खासकर घुलन-क्रिया का सर्वाधिक योग रहता है। घुलन की चट्टान की ऊपरी सतह पर घुलन-क्रिया द्वारा छोटे-छोटे कटक, गिखरिका (Pinnacles), गड्ढे आदि का निर्माण होने से वह (सतह) असमान हो जाती है। इस तरह की स्थलाकृति को लैपीज (Lapies) कहते हैं। लैपीज को नंगे पाँव पार करना कठिन कार्य होता है।

### प्लेया (Playas)

मरस्थलीय भागों में प्रायः बालसन प्लेया तथा सैलिनास का प्रायः समान अर्थों में प्रयोग किया जाता है। परन्तु इनमें पर्याप्त अन्तर किया जा सकता है। रेगिस्तानी भागों में पर्वतों से घिरी हुई बग़िन की बालसन (Bolsons—समुक्त-राज्य अमेरिका तथा मक्सिको में बालसर) कहा जाता है। चारों तरफ़ से छोटी-बड़ी नदियाँ निकल कर बालसन में जाती हैं। यह आवश्यक नहीं है कि सभी नदियाँ बालसन में पहुँचें ही। कुछ नदियाँ तो मार्ग में ही वाष्पीकरण के कारण सूख जाती हैं तथा कुछ रेत में लुप्त हो जान के कारण बीच में ही समाप्त हो जाती हैं। जब बेसिन या बालसन में जल का संचयन हुआ जाता है तो अल्पकालिक (Ephemeral) झीलों का निर्माण हो जाता है। जल के सूखते ही ये झीलें समाप्त हो जाती हैं। नदियों द्वारा सिल्ट तथा नमक का बालसन की तली में निक्षेप होते रहने में वह समतल तथा अँबी होती जाती है। इस तरह के बालसन के मध्य में सिल्ट तथा नमक के समतल भाग को प्लेया या प्लाया कहते हैं। दूसरे शब्दों में प्लाया प्रत्यक्षान्वित रेगिस्तानी झीलों के जल को प्रदग्धित करती है। प्लेया प्रायः शुष्क होती है परन्तु अमामयिक दृष्टि से बाष्पन कभी-कभी जन में भर जाती है। पुनः वाष्पीकरण द्वारा प्लेया सूख जाती है तथा उसकी तली में सिल्ट और नमक की परत का निक्षेप हो जाता है। प्लेया का आकार तथा क्षेत्रीय विस्तार भिन्न-भिन्न होता है तथा यह मिश्रता नमक के आकार तथा विस्तार एवं उसमें

स्थित अस्थायी शीत के स्वभाव पर आधारित होती है। इस तरह कुछ वर्ग किलोमीटर से लेकर सैकड़ों वर्ग किलोमीटर क्षेत्रफल वाली प्लेया होती है। प्लेया में निक्षेपित नमक के प्रकार तथा उसकी मात्रा में भी पर्याप्त अन्तर होता है। अधिक नमक वाली प्लेया को सैलोनास (Salinas) कहा जाता है। चमकीले नमक (Glistening salt) वाली प्लेया को अलकली प्लैट्स (Alkali flats) कहते हैं। अधिकांश प्लेया में सिल्ट तथा नमक की परतें क्रमशः एक दूसरे के बाद निक्षेपित होती हैं। प्लेया मुख्य रूप से अधिक विस्तृत तथा सपाट एवं ऊँची तली वाली होती है। यदि प्लेया में नमक की परत अधिक मोटी हैं तो प्लेया की सतह अधिक कठोर तथा पवन के अपवाहन (Deflation) कार्य के लिए प्रतिरोधी होती है परन्तु हल्की परत वाली प्लेया में पवन ढीले पदार्थों को आसानी से उड़ाकर वात गर्तों (Blow out) का निर्माण करती है। किनारे वाले भागों में यव-तद बालुका स्तूपों (Sand dunes) का भी निर्माण हो जाता है। यदि प्लेया-सतह के करीब ही भौम जलस्तर (Water table) होता है तो प्लेया की सतह कोमल होती है। भूमिगत जल प्लेया की सतह में घुलन क्रिया (Solution) द्वारा नमक को घुला कर अलग कर लेता है जिससे घोल छिद्र (Solution hollows) का निर्माण हो जाता है। कभी-कभी प्रवाह-प्रणाली में परिवर्तन हो जाने के कारण नदियाँ प्लेया की सतह को बिच्छेदित (Dissection) करके उसे असमान तथा ऊबड़-खाबड़ बना देती हैं। इस कारण प्लेया की सतह में उल्लूक स्थलाकृति (Badland topography) का आविर्भाव होता है। संयुक्त राज्य अमेरिका के उटा प्रान्त (Utah) की "वेड साउंड लेक" व दक्षिण पश्चिम में स्थित 3000 वर्गमील क्षेत्र में साउंड लेक, प्लेया की एक प्रमुख उदाहरण है।

### बाजाडा (Bajada)

प्लेया तथा उच्च पर्वतीय भागों के मध्य दो प्रकार के महत्वपूर्ण मरुस्थलीय स्थलरूप होते हैं। वास्तव में प्लेया को पर्वतीय भाग से मिलाने वाले ये भाग मन्द ढाल वाले मैदान होते हैं। प्रारम्भ में इस समस्त मैदान को निक्षेप जनित (Aggradational) बताया गया था परन्तु वर्तमान समय में निर्माण की प्रक्रिया के आधार पर इनमें अन्तर होता है। उसमें से मैदान का वह भाग, जो कि प्लेया से मिला रहता है, मलवा के निक्षेप से बनता है। इसे बाजाडा कहते हैं। मैदान का ऊपरी भाग जो कि पर्वतीय भाग से मिला रहता है, अपरदन द्वारा निर्मित

होता है। इसे पेडीमेन्ट (Pediment) कहते हैं। पेडीमेन्ट तथा बाजाडा सम्मिलित रूप से पर्वतीय भाग तथा प्लेया के बीच मन्द ढाल वाले तथा निष्कोण वक्र वाले (Smooth curve) स्थलरूप होते हैं। बाजाडा का निर्माण पेडीमेन्ट के नीचे तथा प्लेया के किनारे पर जलोढ़ पखों (Alluvial fans) के सम्मिश्रण तथा सम्मिलन से होता है। अचानक वर्षा के समय नदियाँ पर्वतीय भाग को अपरदित कर पेडीमेन्ट का निर्माण ढाल पर करती हैं। पेडीमेन्ट के निर्माण के समय अपरदन द्वारा प्राप्त मलवा का निक्षेपण निचले ढाल पर प्लेया के सामने जलोढ़ पख (Alluvial fans) के रूप में होने लगता है। प्रारम्भ में प्रत्येक नदी अलग-अलग पख का निर्माण करती है। पंकबाह (Mudflows) तथा चाबरी बाढ़ (Sheet flood) के कारण भी जलोढ़ पखों का निर्माण होता है। धीरे-धीरे ये जलोढ़ पख आकार में विस्तृत होते जाते हैं तथा एक दूसरे से मिलकर बड़े होन लगते हैं। जब कई जलोढ़ पख एक दूसरे से मिल जाते हैं तो एक विस्तृत निक्षेप-जनित क्रमिक ढाल वाले मैदान का निर्माण होता है। इस मैदान को बाजाडा कहते हैं। बाजाडा, इस प्रकार विभिन्न जलोढ़ पख (Compound alluvial fans) ही होते हैं। बाजाडा के ढाल में पर्याप्त अन्तर होता है। पर्वत के पास इसका ढाल  $8^\circ$  से लेकर  $10^\circ$  तक होता है। परन्तु प्लेया के पास यह एक अंग से भी कम होता है। बाजाडा की मरचना बड़े तथा महीन कणों वाले पदार्थों (घास वगैरह) से होती है। ये पदार्थ नदी-बाढ़ तथा पंकबाह से प्राप्त होते हैं। बाजाडा की विभिन्न परिच्छेदिकाओं (Profiles) में पर्याप्त अन्तर होता है। बाजाडा के आर पार तथा पर्वतीय भाग के समानान्तर उसकी परिच्छेदिका तरंगित (Undulating—लहरदार) होती है, परन्तु पर्वतीय भाग से दूर जाने पर अर्थात् प्लेया में पाम बाजाडा की अनुप्रस्थ परिच्छेदिका (Transverse profile) बहुत कम लहरदार (तरंगित) होती है। जैसे ही बाजाडा का निर्माण होता है, उस पर छोटी-छोटी जलधाराओं का आविर्भाव हो जाता है। ये जलधारायें निश्चित रूप से अल्पकालिक तथा आन्तरायिक (Epheemeral and intermittent) होती हैं। ये आन्तरायिक धारायें बाजाडा को कई भागों में विभक्त कर देती हैं। यह स्मरणीय है कि आन्तरायिक मरिताओं का मार्ग बाजाडा की सतह पर निश्चित न होकर अनिश्चित होता है, क्योंकि प्रत्येक बाढ़ के समय इनमें स्थान परिवर्तन होता रहता है। बाढ़ के समय बाजाडा के ऊपर स्थित जलधाराओं में सिल्ट तथा बजरी (Gravel) भर

जाती है। बाढ़ की समानि के बाढ़ नदियां लुप्त हो जाती हैं तथा उनकी घाटियों में, जिनमें की बचरी तथा सिस्ट भर गया रहता है, जल रिसने लगता है। जल पर्याप्त मात्रा में रिस कर नीचे धला जाता है तो कभी-कभी बाजाडा के नीचे भूमिगत जल का प्रवाह (Underground flow) होने लगता है। यह जल सतह के नीचे जाकर आर्टीजियन वेल (Artesian well) के निर्माण में सहायक होता है। कुछ जल प्लेया तब पहुँच जाता है। बाजाडा के समस्त भाग में मलबा की मोटाई समान नहीं होती है। ऊपरी भाग में ढाल के कारण मलबा की मोटाई कम तथा निचले भाग में अधिक होती है। पुराने की खुदाई तथा बोरिंग द्वारा बाजाडा में मलबा की 800 फीट तक की गहराई का पता लगाया जा चुका है।

### पेडीमेंट (Pediment)

पर्वतीय अग्र भाग (Mountain front) तथा बाजाडा के मध्य अपरदित शील सतह वाले, सामान्य ढाल वाले मैदान का विस्तार होता है जो कि पर्वतीय अग्रभाग की ओर अधिक ढालवाला तथा प्लेया की ओर कम ढाल वाला होता है। इस तरह के अपरदन द्वारा निर्मित शुष्क तथा अर्धशुष्क रेगिस्तानी भागों के स्वरूप को पेडीमेंट की संज्ञा प्रदान की जाती है (Pediments are smooth rock cut plains of arid and semi arid regions, extending between mountain fronts and Bajadas)। पर्वतीय अग्रभाग में इस चट्टानी मैदान का विस्तार बड़ी निम्नोमीटर तक होता है। पेडीमेंट का निर्माण अपघाय तथा मरिता-अपरदन द्वारा विभिन्न मरचना वाली चट्टानों के कट जाने से होता है। पेडीमेंट तथा बाजाडा ढाल की दृष्टि से इतने मिले हुये हैं कि उनके सम्मिलन बिन्दु को निर्धारित करना प्रायः कठिन होता है। वास्तव में पर्वतीय अग्रभाग में प्रारम्भ होकर प्लेया (Playa) तक पेडीमेंट तथा बाजाडा एक स्वरूप के समान होते हैं, जिनका ढाल क्रमशः प्लेया की ओर घटता जाता है। यही कारण है कि दूर से देखने पर बाजाडा तथा पेडीमेंट एक में लगते हैं तथा उन्हें अलग करना कठिन होता है। परन्तु यदि करीब से एवं न्यून दृष्टि से देखा जाय तो दोनों स्वरूपों में पर्याप्त अन्तर होता है। दोनों के निर्माण की प्रक्रिया में भिन्नता होती है। पेडीमेंट का निर्माण पर्वतीय अग्रभाग के निम्नीकरण (Degradation) द्वारा होता है। अतः पेडीमेंट की निम्नीकरण का मैदान (Plain of degradation) कहते हैं। इसकी विपरीत बाजाडा का निर्माण, ऐसा कि ऊपर

स्पष्ट किया जा चुका है, अपरदित पर्वतीय भाग के निचले ढाल पर मलबा के निक्षेप के कारण होता है। इसी कारण बाजाडा को निक्षेप या अधिवृद्धि का मैदान (Plain of aggradation) कहते हैं। स्थिति के विचार से बां दोनो में अन्तर होता है। बाजाडा प्लेया के समीप विन्तु पर्वतीय अग्रभाग से दूर और पेडीमेंट पर्वतीय अग्रभाग के समीप किन्तु प्लेया से दूर होता है। पेडीमेंट का विस्तार अपघाय तथा अपरदन द्वारा पर्वतीय अग्रभाग के पीछे हटने से होता है, जबकि बाजाडा का विस्तार पेडीमेंट के निचले भाग पर मलबा के निक्षेप द्वारा होता है। इस तरह पेडीमेंट तथा बाजाडा दोनों पर्वतीय अग्रभाग की ओर बढ़ते जाते हैं। कभी-कभी पर्वतीय अग्रभाग के पीछे हटने की प्रवृत्ति इतनी अधिक होती है कि वह अपने शीर्ष भाग तक पहुँच जाता है। पर्यंत के दोनों पार्श्वों पर अग्रभाग के पीछे हटने से पर्यंत का शीर्ष भाग अपरदित हो जाता है तथा पेडीमेंट एक-दूसरे से मिल जाते हैं। पेडीमेंट के विकास में किंग महोदय ने चक्रीय व्यवस्था का प्रतिपादन किया है। पेडीमेंट का विकास तीन प्रक्रियाओं को पेडीमेंटेशन (Pedimentation) की संज्ञा प्रदान की है। अग्न विकास की अन्तिम अवस्था को छोड़ कर, पेडीमेंट तथा पर्वतीय अग्रभाग की मिलन-रेखा के सहारे ढाल अवयव तीव्र होता है। कभी-कभी तो पेडीमेंट की सतह में पर्वतीय अग्रभाग अचानक इतना घटा होता है कि ढाल 90° तक हो जाता है। पर्वतीय अग्रभाग से दूर पेडीमेंट का ढाल मन्द होता है तथा यह क्रमशः घटता जाता है। पर्वतीय भाग के समानान्तर पेडीमेंट की परिच्छेदिका बाजाडा के समान लहरदार (Undulating) न होकर सपाट होती है। पेडीमेंट के ऊपरी भाग में अनुदैर्घ्य तथा अनुप्रस्थ परिच्छेदिकाओं (Longitudinal and transverse profiles) के ढाल अवतल होते हैं। ब्लेकवेटर महोदय (1931) ने संयुक्त राज्य अमेरिका के इतिषी-पश्चिमी रेगिस्तानों में पेडीमेंट का अध्ययन करते हुए बताया है कि इनका ढाल 1° से लेकर 7° तक होता है तथा उनका औसत ढाल 2½° होता है। अधिकतर पेडीमेंट अपरदित चट्टानों के नग्न भाग होते हैं, जिन पर मलबा का आवरण नहीं होता है। परन्तु कुछ विविध प्रकार के पेडीमेंट पर मलबा की एक हल्की चादर या हल्का आवरण अवश्य होता है। ब्लैकवेटर महोदय (1956) ने पेडीमेंट के विकास के इतिहास के विषय में बताया है कि पेडीमेंट के निर्माण के बाद यदि जलवायु में परिवर्तन हो जाय तो तथा अवयव

बहुक आर्द्र हो जाती है तो नदियों की स्थिति में परिवर्तन हो जाने से पेडीमेण्ट की सतह पर जलोढ पखो (Alluvial fans) का निर्माण हो जाता है। इस तरह से 'Fantopped pediments' (जलोढ पख वाले पेडीमेण्ट) का निर्माण होता है। कुछ समय बाद 'Pedimentation' की प्रक्रिया द्वारा इन जलोढ पखो का लोप हो जाता है तथा पुनः वास्तविक पेडीमेण्ट (True pediment) का आविर्भाव हो जाता है। इस तरह बारसेस्टर ने कोलोरेडो प्रान्त के फ्रन्ट रेंज (Front Range) के पेडीमेण्ट के विकास के अध्ययन के आधार पर इनके निर्माण तथा विकास की तीन चोचक अवस्थाओं का उल्लेख किया है। 1 सर्वप्रथम विभिन्न संरचना तथा संगठन वाली श्रृंखला पर पेडीमेण्ट का निर्माण, 2. जलवायु के अधिक आर्द्र होने से अधिक सरिताओं के कारण पेडीमेण्ट पर बड़े कणों वाली कोप (Coarse alluvium) का निक्षेप, तथा 3 अन्त में जलोढ पख युक्त पेडीमेण्ट पर वास्तविक पेडीमेण्ट का निर्माण।

**पेडीमेण्ट के निर्माण सम्बन्धी सिद्धान्त**  
(Theories of the Origin of Pediments)

**सामान्य परिचय**—यद्यपि पेडीमेण्ट तथा बाजाडा शुष्क मरुस्थलीय एवं अर्द्धशुष्क मरुस्थलीय भागों के प्रमुख स्थलरूप हैं तथा ये प्रायः हर मरुस्थल (शुष्क तथा अर्द्धशुष्क) में पाये जाते हैं, परन्तु इनके निर्माण के विषय में वर्तमान समय तक किसी भी निश्चित तथा ग्राह्य मत का प्रतिपादन नहीं किया जा सका है। पेडीमेण्ट के निर्माण में सबसे बड़ी समस्या जलवायु सम्बन्धी है। पेडीमेण्ट प्रायः शुष्क जलवायु वाले भागों के स्थलरूप माने जाते हैं, जिनका निर्माण शुष्क अपरदन द्वारा हुआ है। परन्तु वर्तमान समय में अर्द्धशुष्क तथा आर्द्र जलवायु वाले भागों में भी पेडीमेण्ट के निर्माण के कई उदाहरण मिले हैं। इस आधार पर क्या यह माना जा सकता है कि इन अर्द्धशुष्क भागों के पेडीमेण्ट के निर्माण के समय जलवायु शुष्क रही हो तथा बाद में परिवर्तन के कारण वह अर्द्धशुष्क हो गई? वास्तव में यह प्रश्न देखने में सरल लगता है परन्तु इसका समाधान सरल नहीं है क्योंकि वर्तमान समय तक इन क्षेत्रों की जलवायु में परिवर्तन के प्रमाण प्राप्त नहीं किये जा सके हैं। दूसरी समस्या पेडीमेण्ट के निर्माण में सहायक प्रक्रिया से सम्बन्धित है। पेडीमेण्ट का निर्माण क्षय-अपरदन द्वारा होता है या सरिता द्वारा, क्षैतिज अपरदन द्वारा या चादरी

बाढ (Sheet floods) द्वारा या अपक्षय तथा अपरदन के कारण पर्वतीय अग्रभाग (Mountain front) के पीछे हटने से, निश्चित रूप से कुछ नहीं कहा जा सकता है। कुछ विद्वानों ने उपर्युक्त प्रक्रियाओं में से किसी एक ही को पेडीमेण्ट के निर्माण का प्रमुख कारण बताया है, जबकि कुछ लोगो ने प्रभरी प्रक्रियाओं के सम्मिलित सहयोग द्वारा पेडीमेण्ट का निर्माण बताया है। उपर्युक्त तथ्यों को ध्यान में रख कर पेडीमेण्ट की उत्पत्ति से सम्बन्धित विभिन्न विद्वानों के सिद्धान्तों को चार वर्गों में रखा जा सकता है—

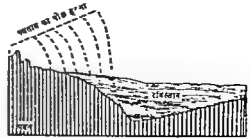
- (i) पर्वतीय अग्रभाग के पीछे हटने से पेडीमेण्ट का निर्माण—सासन।
- (ii) चादरी बाढ सिद्धान्त (Sheet flood theory) —McGee, W. J.
- (iii) पाश्चिक या क्षैतिज अपरदन सिद्धान्त (Lateral erosion theory)—बर्की मोरिस, पेज, स्तैफवेल्डर तथा बानसन।
- (iv) मिश्र सिद्धान्त (Composite theory) ब्रायन, डेविस्, शार्प, गिबुली, रिच, ब्रँडले, किंग तथा केयर।

सर्वप्रथम गिलबर्ट महोदय ने पेडीमेण्ट के समान स्थलरूप का अध्ययन संयुक्त राज्य अमेरिका के अटा प्रान्त के हेनरी पर्वत में किया था तथा उसके निर्माण सम्बन्धी विचारों का प्रतिपादन किया था। यद्यपि गिलबर्ट के विचार वर्तमान समय में मान्य नहीं है, परन्तु उन्होंने पेडीमेण्ट के निर्माण के विषय में पथप्रदर्शक का काम अवश्य किया है। गिलबर्ट के पश्चात् पेडीमेण्ट सद्गुण स्थलरूपों का अध्ययन एरिजोना, सोनोरा (Sonora) तथा म्यूमेक्सिको में किया गया, जिसके आधार पर यह निश्चय हो गया कि पेडीमेण्ट, मरुस्थलीय भाग का एक प्रमुख स्थल रूप है। निम्न पंक्तियों में पेडीमेण्ट से सम्बन्धित प्रमुख सिद्धान्तों का संक्षिप्त उल्लेख किया जा रहा है—

**पर्वताग्र के पीछे हटने से पेडीमेण्ट का निर्माण**  
(Formation of Pediments due to Recession of Mountain Front)

पेडीमेण्ट के निर्माण से सम्बन्धित विचारों को ऊपर चार वर्गों में विभाजित किया जा चुका है। इनमें से विद्वानों का प्रथम वर्ग पेडीमेण्ट को पर्वतीय भाग की "पुनरुज्जीवित सतह" (Resurrected surface) मानता है। इस वर्ग के अनुसार पेडीमेण्ट का निर्माण शुष्क मरुस्थली में पर्वतीय अग्रभाग के सामान्य रूप से पीछे हटने से होता है। इस विचारधारा के अनुसार मरुस्थलीय

अवरदन की सामान्य प्रक्रिया के अनुसार पर्वताग्र अपक्षय तथा अपरदन द्वारा धीरे-धीरे हटते जाते हैं तथा चट्टानी सतह का निमाण हो जाता है जो कि पेडोमेण्ट का रूप धारण कर लेती है। इस विचारधारा के सर्वप्रमुख प्रतिपादक लासन महोदय (A. C. Lawson, 1915) हैं। यदि मध्यस्थतीय भाग में एक ऐसा पर्वत है जो कि समान सरचना वाला है तथा जिसका तीव्र ढाल बेसिन की तरफ है तो उस पर अपक्षय की क्रिया द्वारा विघटन तथा वियोजन प्रारम्भ हो जाता है। इस तरह विघटन के कारण होते भ्रू-नृणों को छोटी-छोटी सरिताएँ परिवहन करने बेसिन तक पहुँचाती रहती हैं। परिणामस्वरूप ढाल के निचले भाग में मलबा के संचयन में जलोढ़ पथ का निर्माण होता है। अपक्षय के लम्बे समय तक सक्रिय रहने से पथ का अधभाग शनै-शनै पीछे हटने लगता है तथा निम्नाकरण या अपरदन द्वारा निम्न ढाल पर जलोढ़ पथ का विराम ऊपर का ओर अर्थात् पीछे हटते हुए पर्वताग्र की ओर वेज (Wedge-फन) के रूप में हो जाता है। पथ का जाकार पर्वत की ओर सकरा तथा बेसिन की ओर चौड़ा तथा बिस्तृत होता है। पथ का निचला भाग (बेसिन की ओर का भाग) रॉप की माटी परत में मग्न होता है तथा पर्वताग्र का पीछे हटने एवं पथ के विस्तार के साथ साथ उसके निचले भाग पर कूप की पथ निरन्तर मोटी होती जाती है। पर्वताग्र के पीछे हटने की क्रिया चलती रहती है, और अपरदित चट्टानी ढाल (Rock cut slope) पर कूप का आवरण (Veneer of alluvium) बढ़ता जाता है। इस क्रिया की पुनरावृत्ति (Repelition) के कारण पर्वतीय भाग अपक्षय तथा अपरदन द्वारा नीचा हो जाता है तथा निचला भाग मलबा के निरन्तर निक्षेप के कारण पर्वत के शीर्ष भाग (अपरदन तथा अपक्षय द्वारा नीचा नीचे भाग) के बराबर हो जाता है। इस तरह पर्वताग्र तथा शीर्ष भाग निम्नीकरण के कारण नीचे होते जाते हैं तथा पथ वाले भाग अभिवृद्धि (Aggradation) के कारण ऊँचे होते हैं। जब दोनों क्रियाओं में सामञ्जस्य हो जाने से समस्त सतह समान ऊँचाई वाली हो जाती है तो बल द्वारा निम्नीकरण तथा अभिवृद्धि (Degradation and aggradation) स्थगित हो जाती है। इस तरह से उत्पन्न अन्तिम सतह को लासन महोदय ने पेनफ्लैट (Peneplain) बताया।



(लासन के आधार पर)

चित्र 330 — पर्वताग्र के पीछे हटने में पेडोमेण्ट का निमाण है। यह स्थिति उस समय ही सम्भव हो सकती है, जब कि स्थल भाग दीर्घ काल तक स्थिर रह तथा पुनर्पुनर् (Rejuvenation-नवोन्मेष) न हो। अतः इस स्थिति का सम्भव होना विशेष प्रकार की परिस्थिति में ही संभव हो सकता है। प्रायः ऐसा होता है कि अपक्षय द्वारा जब पर्वताग्र पीछे हटने लगता है तथा उसके ढालों पर जलोढ़ पथ का विस्तार हो जाता है तो किसी पटलविकृप्ति (Diastrophic) या जलवायु सम्बन्धी परिवर्तन के कारण पर्वतीय ढाल पर स्थित मलबा का कुछ भाग मरिटा द्वारा नीचे सरा जाता है तथा ढाल का कुछ भाग मलबा रहित हो जाता है। इस तरह पर्वताग्र तथा जलोढ़ पथ (बाजाड़ा) के मध्य मलबा-रहित चट्टानी सतह पेडोमेण्ट के रूप में परिवर्तित हो जाती है। इस आधार पर लासन महोदय ने 'काप के हट जाने या सरक जाने से उत्पन्न पुनर्जन्मिता सतह को पेडोमेण्ट बताया है।'। लासन के विचारों में यह प्रकट होता है कि पेडोमेण्ट के प्रारम्भिक दृष्टिगत में उस पर मलबा का आवरण अवश्य रहता है। बाद में उसके सरक कर हट जाने पर पेडोमेण्ट दृष्टिगत होता है। बेसिन में लासन के सिद्धान्त का अनुमोदन क्रिया परन्तु उसमें सुझाव के रूप में कुछ अपने विचारों का भी समावेश किया है।

फाररो बाढ़ द्वारा पेडोमेण्ट का निर्माण  
(Formation of Pediments due to Sheetfloods)

W J McGee (1897) महोदय ने मरूस्थल गण्य अमेरिका के दक्षिणी-पश्चिमी एरिजाना प्रान्त के सोनोरन मरूस्थल (Sonoran Desert) में पेडोमेण्ट के अध्ययन के समय बताया कि इनका निर्माण माक्रालिख बाढ़ के समय

1. 'Pediments are resurrected surfaces due to the stripping of the alluvium which once rested upon them'

अपरदन तथा अपक्षय की सम्मिलित क्रियाओं द्वारा होता है। आगे चलकर कई विद्वानों ने इस मत का समर्थन किया। इस वर्ग के विद्वानों के अनुसार मरुस्थली भागों में आकस्मिक रूप में आने वाली चाबूती बाढ़ों में अपरदन करने तथा अपरदित मलबा को परिवहन करने की अपार शक्ति होती है। पर्वतीय भागों पर अपक्षय के कारण चट्टानों में विघटन तथा वियोजन होते हैं वे ढीली तथा असंगठित हो जाती हैं जिस कारण वे टूटने लगती हैं। आकस्मिक बाढ़ के समय जल पर्वतीय ढालों पर अपरदन द्वारा सामान्य ढाल वाली सतह का निर्माण करता है तथा साथ ही साथ अपक्षय तथा अपरदन द्वारा प्राप्त मलबा को पीछे हटते हुए पर्वताग्र की चट्टानी सतह से सरकाकर या हटाकर निचले ढाल पर निक्षेपित करता है। इस तरह नये ढाल-सतह वाले पेडीमेण्ट का निर्माण पर्वताग्र तथा निचले ढाल पर स्थित मलबा युक्त भाग (बाजाडा) के मध्य होता है। इस वर्ग के विद्वानों के अनुसार ये पेडीमेण्ट लासन के पैसकैस के समान होते हैं परन्तु उन पर कर्प का आवरण नहीं होता है। पार्श्विक या क्षैतिज अपरदन (Lateral erosion) को इस सिद्धान्त के अनुसार, पेडीमेण्ट के निर्माण में जरा भी महत्त्व प्रदान नहीं किया गया है। समर्थकों का कहना है कि पेडीमेण्ट का ढाल अवतल होता है। अवतल ढाल का निर्माण क्षैतिज अपरदन द्वारा कदापि नहीं हो सकता है। डेविस ने भी पेडीमेण्ट के निर्माण में क्षैतिज अपरदन का विरोध करते हुए बताया है कि यदि पेडीमेण्ट का निर्माण क्षैतिज अपरदन द्वारा होता है तो सामान्य सतह पर पर्वतीय कटक (Mountain-ridges) के तीव्र ढाल या खड़े ढाल वाले भागों के सामने अपरदन के अवशिष्ट भाग उच्च रूप में स्थित नहीं होने चाहिये। यदि सूक्ष्म दृष्टि से देखा जाय तो डेविस का यह मत भ्रामक है, क्योंकि नदी के अपरदन-चक्र की जीणावस्था में क्षैतिज अपरदन होता है तथा मोनाडनॉक्स (Monadnocks) अपरदन के अवशिष्ट भाग के रूप में सामान्य सतह से ऊपर उठे रहते हैं।

### क्षैतिज अपरदन द्वारा पेडीमेण्ट का निर्माण

(Formation of pediments due to Lateral Erosion by Streams)

पेडीमेण्ट के निर्माण के विषय में सर्वप्रथम गिलबर्ट महोदय ने क्षैतिज अपरदन को सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण बताया। इनके बाद अनेक विद्वानों ने मरिटा द्वारा क्षैतिज अपरदन के कारण मरुस्थलीय भागों में पेडीमेण्ट के निर्माण की प्रक्रिया को अंगीकृत किया है। इनमें से प्रमुख हैं,

पेज, ब्लॉक, मोरिस, ब्लैकवेल्डर तथा डपलस जानसन। पेज महोदय (Sidney Paige) ने सन् 1912 ई० में पेडीमेण्ट के निर्माण के विषय में बताया कि मरुस्थलीय भागों में नदियों के क्षैतिज अपरदन द्वारा पर्वतीय भाग पर मन्द ढाल वाली चट्टानी सतह का निर्माण होता है जिससे निचले भाग अर्थात् बेसिन के पास वाले भाग पर बजरी का आवरण रहता है। जैसे-जैसे अपरदित चट्टानी सतह वाला पेडीमेण्ट पर्वताग्र (Mountain front) के पीछे हटते जाते हैं वदता जाता है, वैसे-वैसे बजरी का आवरण भी पर्वत की ओर बढ़ता जाता है, वैसे-वैसे बजरी का आवरण भी पर्वत की ओर बढ़ता जाता है। पेज महोदय ने बताया कि चाबूती बाढ़ अपरदन (Sheet flood erosion) पेडीमेण्टेशन का परिणाम होता है न कि उसके निर्माण का कारण। पेज ने अपने मत के पक्ष में बताया है कि पेडीमेण्ट तथा पर्वतीय अग्रभाग जहाँ पर मिलते हैं, वहाँ पर पर्वताग्र खड़े ढाल वाला होता है। यह खड़ा ढाल सरिता द्वारा क्षैतिज अपरदन का ही परिणाम है।

सन् 1931 ई० में ब्लैकवेल्डर महोदय (Eliot Blackwelder) ने भी पेडीमेण्ट के निर्माण के विषय में मरिटा द्वारा क्षैतिज-अपरदन सिद्धान्त का प्रतिपादन किया। इसके अनुसार रेगिस्तानों में अल्पकालिक सरिताओं द्वारा पर्वतों पर कई अपरदित क्रमबद्ध मैदानों (Graded plains) का निर्माण होता है। इन मैदानों का निर्माण मरिटाओं द्वारा क्षैतिज अपरदन के कारण होता है। जब अपरदन द्वारा निर्मित चट्टानी सतह वाले ये मैदान आपस में मिलकर विस्तृत हो जाते हैं तो पेडीमेण्ट का निर्माण होता है।

पेडीमेण्ट के निर्माण से सम्बन्धित क्षैतिज अपरदन-सिद्धान्त के सबसे बड़े समर्थक जानसन महोदय (D. W. Johnson, 1932) हैं। इन्होंने सन् 1932 ई० में अपने दो लेखों में पेडीमेण्ट के निर्माण की समस्या के निदान के लिये सफल प्रयास किया, यद्यपि इनके विचारों की कठु आलोचना की गई है तथा अधिकांश विद्वान जानसन के विचारों से सहमत नहीं हैं। इन्होंने बताया कि रेगिस्तानी भागों में पर्वतीय ढालों पर नदियों द्वारा क्षैतिज अपरदन के कारण ही पेडीमेण्ट का निर्माण होता है। यद्यपि पवन तथा अपक्षय (weathering) का भी हाथ रहता है। जानसन महोदय के अनुसार मरुस्थलीय भाग में जहाँ पर बेसिन के पास ही पर्वत की स्थिति होती है या

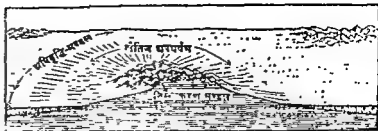
जहाँ पर बेसिन के चारों तरफ पर्वत होते हैं, वहाँ पर तीन स्पष्ट मण्डल होते हैं।

(i) आन्तरिक मण्डल (Inner Zone)—यह पर्वताग्र का वह भाग होता है, जहाँ पर नदियों द्वारा निम्न कटाव (Down cutting) या लम्बवत् अपरदन (Vertical erosion) अपेक्षाकृत अधिक सक्रिय रहता है। 'इसे निम्नीकरण मण्डल' (Zone of degradation) भी कहा सकता है।

(ii) बाह्य मण्डल (Outer Zone)—यह मण्डल पर्वतीय ढाल का निम्न भाग होता है, जो कि बेसिन की सीमा पर फैला होता है। वास्तव में यह बाकाबका बाता मण्डल होता है, जहाँ पर मनवा का निक्षेप सर्वाधिक महत्वपूर्ण होता है। इस मण्डल को 'अभिबृद्धि मण्डल' (Zone of aggradation) भी कहा जा सकता है।

(iii) मध्यवर्ती मण्डल (Intermediate Zone)—यह मण्डल प्रथम तथा द्वितीय के मध्य स्थित होता है जहाँ पर गिरिजा द्वारा क्षैतिज अपरदन (Lateral erosion) सर्वाधिक महत्वपूर्ण होता है। इसी मण्डल को पेडीमेंट मण्डल (Zone of pediment) भी कहा जाता है।

पहले प्रथम मण्डल अर्थात् पर्वतीय भागों में लम्बवत् अपरदन (Vertical erosion) सर्वाधिक महत्वपूर्ण होता है। इस कारण पर्वतीय अग्रभाग तीव्रता से अपरदित होता है। नदियों की इस प्राथमिक अवस्था में परिवहन-शक्ति (Transporting power) सर्वाधिक होती है। परिणामस्वरूप पर्वतों के अपरदन से प्राप्त मलवा को नदियाँ बेसिन में जमा करने लगती हैं जिस कारण बेसिन के पान निचले ढाल पर जलोढ़ पथ का निर्माण होता है—तथा कई पथ मिलकर गजराटा का रूप धारण कर लेते हैं। छोटे-छोटे नदियाँ अपने निचले भाग में क्रमबद्ध



(जानसन के आधार पर)

चित्र 352—पेडीमेंट का निर्माण।

(Graded) हो जाती है। इस स्थिति के कारण मध्यवर्ती मण्डल में मलवा के कारण नदियाँ कई शाखाओं में बिखर जाती हैं (Streams are braided) तथा उनका मार्ग बदलता रहता है। इस कारण नदियाँ मध्यवर्ती मण्डल में क्षैतिज अपरदन द्वारा गोल पथ (Rock fans) का निर्माण करती हैं। इन गोल पथों के विस्तृत होने से पेडीमेंट का निर्माण होता है। क्षैतिज अपरदन के कारण पेडीमेंट मण्डल के कटक नुस्त हो जाते हैं तथा पर्वताग्र एक पेडीमेंट का मिलन भाग में अवतल परिच्छेदिका (Concave profile) का विकास हो जाता है। भ्वा-कृतिक चक्र की अन्तिम अवस्था (Last stage of geomorphic cycle) में पर्वतीय भाग पूर्णतया कट जाता है तथा विस्तृत पेडीमेंट का निर्माण हो जाता है।

पेडीमेंट-निर्माण के सिद्धांत

(Composite Theory of Pediment Formation)

ऊपर तीन सिद्धान्तों का विवेचन किया गया है, जिनमें से प्रथम सिद्धान्त में पेडीमेंट का निर्माण में एक-मात्र पर्वताग्र के पीछे हटने की क्रिया द्वितीय में बादरी-ब्राद द्वारा अपरदन की क्रिया तथा तृतीय में शक्ति द्वारा क्षैतिज अपरदन की क्रिया का महत्व प्रदान किया गया है। परन्तु कई ऐसे विद्वान् हैं जिनके मतानुसार पेडीमेंट का निर्माण उपर्युक्त क्रियाओं में से बल एक द्वारा नहीं बल्कि कई के सम्मिलित कार्य द्वारा होता है। इनमें से प्रमुख हैं। क्षयन, बेसिन, गार्प, गिरुली रिच, ब्रंज, क्रिप और फेयर। किंतु इन विद्वानों में से प्रत्येक ने पेडीमेंट का निर्माण नहीं प्रक्रियाओं के सम्मिलित रूप से माना है, अतः इन सिद्धान्तों का सिद्ध सिद्धान्त कहा जाता है।



चित्र 331—जानसन के अनुसार पेडीमेंट का निर्माण।

1 मनु 1923 में क्लायन (Kirk Bryan) ने बताया कि मध्यस्थलीय भागों में पेडीमेंट का निर्माण तीन रूपों में होता है। (अ) पर्वतीय भाग के बेसिन में निक्षेप

वाली सरिताओं द्वारा क्षैतिज अपरदन, (ब) पर्वतीय ढालों के आधार पर धुद सरिताओं (rills) द्वारा कटाव तथा (स) अपक्षय के कारण पर्वतीय भाग का विघटित होकर टूटना। धुद सरिताएँ अपक्षय द्वारा प्राप्त मनवा का परिवहन करके उन्हें स्थानान्तरित करती हैं। ब्रायन के अनुसार पेडीमेंट के निर्माण को अन्तिम अवस्था में क्षैतिज अपरदन नगण्य हो जाता है तथा अपक्षय एवं धुद सरिताओं द्वारा गैल का घुलन कार्य अधिक महत्वपूर्ण होता है।

2 डेविस (1938) ने 'Sheet Floods and Stream Floods' नामक लेख में पेडीमेंट के निर्माण के विषय में प्रकाश डाला है। डेविस के अनुसार अपक्षय द्वारा पर्वताग्र विघटित होकर टूटता है तथा उत्तम प्राप्त चट्टान-चूर्ण को चादरी बाढ़ स्थानान्तरित करती रहती है। इस प्रकार अपक्षय द्वारा पर्वतीय अग्रभाग सदैव पीछे हटता जाता है और अपरदित चट्टान मतलब बाँने पेडीमेंट का निर्माण हो जाता है। डेविस के अनुसार पेडीमेंट के निर्माण में क्षैतिज अपरदन का बहुत कम सद्वर्ग होता है। डेविस ने, इस प्रकार 'McGee' महोदय के 'चादरी बाढ़ सिद्धांत' (Sheet flood theory) तथा 'त्तासव' के पर्वताग्र के पीछे हटने की विचारधारा का समान रूप से समर्थन किया है, परन्तु पेडीमेंट का निर्माण इन दोनों क्रियाओं के कारण होता है।

3. शार्प महोदय (R. P. Sharp, 1940) के अनुसार पेडीमेंट के निर्माण में क्षैतिज अपरदन, अपक्षय तथा धुद सरिता-घुलन (Rill wash), तीनों का सापेक्षिक महत्त्व रहता है। परन्तु भूगर्भिक उनावट, जलवायु एवं स्थलाकृति की विभिन्नताओं के साथ इन क्रियाओं के सापेक्षिक महत्त्व में भी अन्तर होता है। उदाहरण के लिए स्थायी सरिताओं वाले क्षेत्रों में क्षैतिज अपरदन (Lateral erosion) अधिक सक्रिय होता है, परन्तु कठोर गैल वाले अल्पकालिक सरिता के क्षेत्रों में धुद सरिता घुलन (Rill wash), वृष्टि घुलन (Rain-wash) तथा अपक्षय की क्रियाएँ सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण होती हैं। शार्प के अनुसार मैसाचुसेट्स में पेडीमेंट के निर्माण का 40 प्रतिशत भाग क्षैतिज अपरदन द्वारा तथा शेष 60 प्रतिशत अपक्षय तथा वृष्टि घुलन द्वारा सम्पन्न हुआ है।

4. गिल्ली महोदय (James Gulluly, 1937) ने भी पेडीमेंट के निर्माण में सभी क्रियाओं को महत्त्वपूर्ण बताया है परन्तु सबका सहयोग प्रत्येक स्थान पर बराबर

नहीं होता है। कहीं पर क्षैतिज अपरदन अधिक सक्रिय होता है तो कहीं पर चादरी बाढ़ (Sheet floods); कहीं पर अपक्षय अधिक महत्त्वपूर्ण होता है तो कहीं पर वृष्टि घुलन या धुद सरिता घुलन (Rill wash), परन्तु किसी रूप में सभी सक्रिय अवश्य रहते हैं। रिच (J. L. Rich, 1958) के अनुसार पेडीमेंट का निर्माण अपक्षय द्वारा चट्टान के विघटित होकर टूटने, पर्वताग्र के पीछे हटने तथा चादरी घुलन (Sheet wash) द्वारा होता है। निर्माण के लिये सरिता द्वारा क्षैतिज अपरदन आवश्यक नहीं होता है।

इस प्रकार पेडीमेंट के निर्माण के विषय में अनेक मत प्रचलित किये गये हैं। इनमें से कुछ का ऊपर रचाना-भाव के कारण केवल सक्षित उल्लेख ही किया जा सका है। महत्त्वपूर्ण स्थलरूपों में पेडीमेंट के निर्माण की समस्या, वास्तव में सबसे अधिक जटिल है। अब तक इसके निर्माण के विषय में किसी भी सर्वप्राप्त मत का प्रतिपादन नहीं किया जा सका है। इतना तो निश्चित है कि पेडीमेंट का निर्माण केवल एक क्रिया द्वारा नहीं होता है। कम से कम अपक्षय तथा जल द्वारा अपरदन का सहयोग अवश्य रहता है।

#### सवाना अपरदन-चक्र

#### (The Cycle of Savanna Erosion)

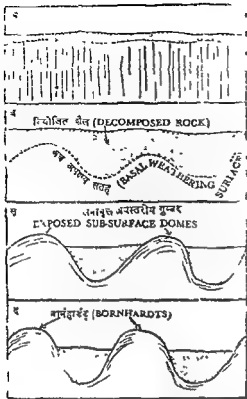
अफ्रीका के सवाना प्रदेश के स्थलरूपों के आकृतिक विकास के विषय में विद्वानों में पर्याप्त मतभेद है। प्रारम्भिक विद्वानों ने सवाना-स्थलरूपों के विकास का सम्बन्ध 'शुष्क स्वाकृति चक्र' के साथ ही जोड़ा था, परन्तु हाल ही में कुछ विद्वानों ने सवाना-स्थलरूपों को आम शुष्क (गर्म) मरुस्थलीय स्थलरूपों में अलग करने का प्रयास किया है, क्योंकि इस प्रदेश के उच्च वार्षिक तापक्रम के साथ शुष्क और आर्द्र ऋतुएँ होती हैं। सवाना प्रदेश में विस्तृत 'अपरदन-सतह' मिलती है, जिनके ऊपर छिड़-गुट इन्सेलबर्ग तथा कॅसिल कॉपीज (Castle koppies) मिलते हैं। काटन (1942) ने बताया कि इन अपरदन-सतहों का निर्माण तीव्र पार्श्ववर्ती अपघर्षण (Powerful lateral corrasion) से होता है, जैसा कि क्रिकमे के 'पैनप्लनेशन चक्र' से विहित होता है। किंग ने 1948 में काटन के इन विचारों का (उपर्युक्त भी) कि सवाना प्रदेश में गैल पेडीमेंट (Rock pediments) नहीं मिलते हैं, बल्कि वे इन्सेलबर्ग-मैदान स्थलाकृति (Inselberg and plain landscape) के उदाहरण हैं, का खण्डन करते हुए बताया कि सवाना प्रदेश में अपरदन-सतहों का निर्माण



पेडीप्लेनशन चक्र (Pediplanation cycle) द्वारा होता है, जिसमें दो प्रक्रम कार्यरत होते हैं—(i) पेडीप्लेनशन तथा (ii) स्कार्प-निवृत्तन (Scarp retreat) वर्तमान समय में कुछ विद्वान किंग के विचारों में भी सहमत नहीं हैं क्योंकि इन दोनों ने मवाना प्रदेश में अधिक गहराई तक 'सामायनिक अपक्षय' के पत्रम की सक्रियता का भी प्रत्यक्ष प्रमाण दिया है। इस सक्रिय सामायनिक अपक्षय के लिए दो आदर्श दृष्टांत जिम्मेदार बतायी गई हैं—(i) उच्च तापमान तथा (ii) वर्षा काल में प्रचलनीय नया भूमिगत जल की अधिकता। पर्यवेक्षणों के आधार पर बताया गया है कि इन 'सामायनिक अपक्षय' की गहराई 100 से 150 फीट तक होती है। दुर्गन्ध में इसकी गहराई तक सामायनिक अपक्षय का स्पष्ट प्रतीकन किया गया है। हान ही ग नाइजीरिया में ज्ञात पठार (Jos Plateau) में 200 फीट की गहराई तक सामायनिक अपक्षय के प्रमाण मिले हैं। इस साक्ष्य के आधार पर यह बताया गया है कि प्रारम्भ में वर्षा काल में ऊँच तापमान पर पलायन जल के कारण अधिक गहराई तक सामायनिक अपक्षय के कारण बहानी में विभोजन होता है, जिस कारण वह दो रूपों में बदल जाती है। (i) या तो अपक्षय से प्रभावित सभी भाग एक निश्चित गहराई तक विभोजित सड़क का रूप ले लेती है जिसमें अन्तर्गत गोलाकार प्रस्तर (Rounded core stones) अथवा ऊँससंक्षत (Woolsacks) मिलते हैं (ii) या समस्त जल क्षय सड़क विभाजित बारीक पदार्थों या ही अपना है जिसके नीचे सख्त शैल (Bed rock) का आवरण होता है। इसे अधः अपक्षय सतह (Basal weathering surface) कहते हैं। इस अधः अपक्षय सतह का रूप कई प्रकार का हो सकता है। यदि अधः पतल पूर्वतया सधियुक्त है तो बेसिन का निर्माण होता है और यदि शैल पूर्वतया सधियुक्त नहीं है तो गुम्बद का निर्माण होता है। अब कभी भी इन गुम्बदों के ऊपर स्थित विभाजित मत्तों का अनावरण हो जाता है तो वे ऊपर दृष्टिगत होते हैं तथा इन पर अपक्षय (Exfoliation) की क्रिया होने लगती है जिस कारण पतली-पतली उन ऊपरी सतहें होती हैं। इस तरह यदि दिया जाय तो मवाना प्रदेश में मत्तों के ऊपर तथा सतहों के नीचे मिलने वाले गुम्बदों तथा बोर्नहाईट (इन्सेलबर्ग) में पलायन समता दृष्टिगत होती है। इस तरह मवाना प्रदेश में दो अधः अपक्षय (Down weathering) का प्रमाण बताया गया है।

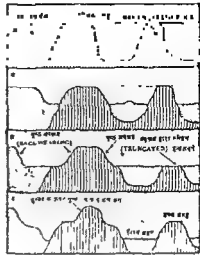
प्रारम्भ में तीव्र सामायनिक अपक्षय होता है, जिस कारण पलायन गहराई तक चट्टान गडकर विभोजित हो जाती है। वर्षा काल में इस विभोजित सतह का जल द्वारा परिवहन कर लिया जाता है। यह परिवहन स्थानीय अथवा प्रादेशिक 'आधार-तल' में गिरावट और जलवायु परिवर्तन के कारण और तीव्र हो सकता है। इस तरह ऊपरी विभोजित सतह के परिवहन के बाद अधः अपक्षय सतह (Basal weathering surface) का अनावरण हो जाता है जिस कारण गुम्बदाकार जाकृति दृष्टिगत होने लगती है। इन्हें प्रारम्भिक इन्सेलबर्ग (Incipient inselbergs) कहा जाता है। अपक्षय अपक्षय (Exfoliation weathering) के कारण इनका रूप और स्पष्ट हो जाता है। समय के साथ-साथ इनका आकार और विकसित होता जाता है। इन गुम्बदों पर जल-वर्षा होती है तो जल शोषण में इन गुम्बदों की मध्य सतह में होकर नीचे चला जाता है, जिस कारण उनका सामायनिक अपक्षय नहीं हो पाता है। इन गुम्बदों के आस-पास जहाँ वे विभोजित पदार्थों का परिवहन नहीं हो पाता है की सतह में जल रिसने लगता है, जिस कारण अधः अपक्षय प्रारम्भ हो जाता है, परिणामस्वरूप रेखिक मोमात गर्त (Linear or marginal depressions) का निर्माण हो जाता है। इस क्रिया को पुनरावृत्ति के कारण इन्सेलबर्ग (गुम्बद) की ऊँचाई निरन्तर घटती जाती है। कठोरता के अन्तर्गत में निरन्तर विकास होता है कि विनाश जैसा कि प्रारम्भिक विद्वानों ने माना था।

J C Pugh सहोदय ने 1966 में 'मवाना-मध्यस्थलों' के संबंध में विकास का विधिवत उन्मेष किया है। Pugh ने मवाना उपरदन पर सभी प्रादेशिक गहन में प्रारम्भ होता है जिसका निर्माण अपक्षयित (Weathered) तथा अपक्षय से अप्रभावित शैल प्रकार की भूतों के ऊपर होता है। धीरे-धीरे ऊपरी शैल की नीचे हो जाते हैं तथा इन वर्षा है, जिस कारण यह विभाजित हो जाती है। आधार पर सामायनिक अपक्षय के कारण विभाजित शैल का आंशिक अनावरण हो जाता है। यह अनावरण गहराई द्वारा अधः कर्षण (Incision) तथा अधः अपक्षय के कारण होता है। परिणामस्वरूप अधः अपक्षय-सतह (Basal weathering surface) पलायन स्थान पर दृष्टिगत होने लगती है जिस कारण प्रारम्भिक इन्सेलबर्ग गुम्बद का आकार में दिखाई पड़ता है (चित्र 333)। इन तरह प्रथम प्रारम्भिक मवाना (Incipient



चित्र 333—मवाना प्रदेश में अधः अपक्षय (Deep weathering) तथा गुम्बद निर्माण ।

plain) का निर्माण होता है। तदन्तर इस मदान में पार्श्विक (Lateral) विस्तार होने लगता है। यह पार्श्विक विस्तार मुख्य रूप से क्यार-निवर्तन (Scarp retreat) द्वारा होता है, जो कि विघटित शैल पर अधिक सक्रिय होता है। इस कारण कुछ छोट-छोटे इन्सेलबर्ग (बॉर्नहार्ट्स) बिलीन हो जाते हैं (चित्र 333अ)। इसके बाद स्थलीय भाग में उत्थान हो जाता है, जिन कारण अधः अपक्षय (Down weathering) का द्वितीय चक्र प्रारम्भ हो जाता है, जिस कारण निचले भाग पर द्वितीय मैदान का निर्माण होता है और 'बहु चक्रिय' या 'गुम्बद के ऊपर गुम्बद' (Dome on dome) वाले इन्सेलबर्ग का निर्माण होता है (चित्र 333 ब)। Pugh ने बताया है कि सवाना स्थलरूपों के विकास में पेडीमेन्टेशन की प्रक्रिया का महत्त्व बहुत कम होता है। वास्तव में मवाना में मिलने वाले पेडीमेन्ट वास्तविक



चित्र 334—J C Pugh के अनुसार गुम्बद के ऊपर गुम्बद इन्सेलबर्ग का निर्माण ।

शुद्ध सैल पेडीमेन्ट नहीं होने क्योंकि इनके ऊपर मलबा का मोटा आवरण होता है।

टामस (M. F. Thomas) ने 1966 ई० में बताया कि नाइजीरिया सवाना के पेडीमेन्ट अधः ढाल (Basal slope) नहीं है, जिनका निर्माण निवर्तन शील क्यार (Retreating scarps) के नीचे पेडीमेन्टेशन सिद्धान्त (किंग) के आधार पर होता है, वरन् ये 'घुलने अवतल ढाल' (Concave wash slope) है जो कि अधः अपक्षय के कारण विघटित शैल के अनावरण की अवस्थाओं के चोतक है। टामस के अनुसार मवाना स्थलरूपों का निर्माण क्यार-निवर्तन के कारण न होकर निक्षारण (Etching), निक्षारण द्वारा प्राप्त मलबा के सरिता तथा धुलन (Wash) के कारण परिवर्तन तथा अपक्षय के कारण होता है। उन प्रक्रमों के लम्बे समय तक कार्यरत होने पर या स्वाभाविक बनती है वह निक्षारण मैदान (Etchplain) होती है न कि पेडीमेन्ट ।

निरूपण के रूप में यह बताया जा सकता है कि मवाना प्रदेश के स्थलरूपों में कुछ ऐसी विशेषताएँ अवश्य हैं जो कि अन्य उष्ण शुष्क मरुस्थलीय स्थलरूपों में दृष्टिगत नहीं होती हैं। अतः इन मवाना स्थलरूपों के निर्माण की प्रक्रिया में अधः अपक्षय के कार्य को झुठलाया नहीं जा सकता ।

# हिमनद के कार्य तथा हिमानीकृत स्थलाकृति

(The Work of Glaciers and Glaciated Topography)

**सामान्य परिचय—**हिमनद भी भूपृष्ठ पर समतल स्थापना के कार्य में तत्पर रहता है। यद्यपि हिमनद का अपरदनारमक कार्य विवादग्रस्त है तथापि इतना तो अवश्य कहा जा सकता है कि भूपृष्ठ पर स्थलाकृतियों के सृजन में इसका पर्याप्त महत्त्व होता है। हिमनद द्वारा उत्पन्न स्वन-रूप, अपरदन के अन्य कारकों द्वारा उत्पन्न स्वन-रूपों में अधिक भिन्न होते हैं। इस कारण हिमनद के विभिन्न कार्यों तथा उनमें उत्पन्न स्थलाकृतियों का अध्ययन आवश्यक हो जाता है। हिमनद के विभिन्न कार्यों के विवेचन के पहले उनके सामान्य रूपों का उल्लेख करना अनिवार्य है। हिमनद घातन पर सरिताओं के समान ही हिम-युक्त नदियों के रूप होते हैं यद्यपि इनकी गति बहुत कम होती है। हिमनद वास्तव में हिम के समूह होते हैं, जो कि हिमक्षेत्र (Snow-fields) में गुरुत्व के कारण प्रवाहित होते हैं। हिमनद का निर्माण सामान्य प्रक्रिया के अन्तर्गत सम्पन्न होता है। हिम-क्षेत्र की निचली सीमा को हिमरेखा (Snow-line) कहते हैं। यह वही रेखा होती है जिसके ऊपर वर्ष भर हिमावरण रहना है तथा बर्फ पिघल नहीं पाती है। हिमरेखा की ऊँचाई भूपृष्ठ के समस्त भागों पर समान नहीं रहकर अलग-अलग होती है। भूमध्य रेखा में भूखंडों की ओर चलने पर हिमरेखा की ऊँचाई कम होती जाती है। भूखंडों के पास तो हिम-रेखा प्रायः सामर-स्तल के बराबर होती है। दक्षिणी ध्रुवक्षेत्र तथा दक्षिणी चित्ती में हिमरेखा 666 मीटर दक्षिणी नाई तथा दक्षिणी अक्षांश 3 666 मीटर, आल्प्स में 3 000 मीटर, हिमालय पर्वत में 4,300 मीटर में 5 300 मीटर, तथा भूमध्य रेखा पर उच्च पर्वतों में 5 600 मीटर से 6,000 मीटर तक की ऊँचाई पर स्थित होती है। इस तरह यह स्पष्ट है कि हिमरेखा पर ऊँचाई का सबसे अधिक प्रभाव पड़ता है। इस हिम-रेखा के ऊपर स्थित भाग, जो कि मई हिम में परिवर्तित रहते हैं, हिमक्षेत्र कहलाता है। 'एडुवर्ग' परिवर्तन के साथ हिम-क्षेत्रों का विस्तार में भी परिवर्तन होता रहता है। परन्तु भूपृष्ठ पर कुछ जगह भी भाग है, जहाँ पर मई बर्फ जमी रहती है। एम भागों को स्थायी हिमक्षेत्र कहते हैं। आर्स्ट्रेलिया को छोड़कर सभी महाद्वीपों पर स्थायी हिम-

क्षेत्र मिलते हैं। ध्रुवक्षेत्र तथा अण्टार्क्टिका भूपृष्ठ के दो सर्वाधिक महत्वपूर्ण स्थायी हिम-क्षेत्र हैं। इन दोनों हिमक्षेत्रों का सम्मिलित क्षेत्रफल 1,30,00,000 वर्ग किलोमीटर है। हिम की औसत मोटाई लगभग 2,438 मीटर से अधिक है। हिमक्षेत्र का विकास तथा विस्तार कई बातों पर आधारित होता है। निम्न तापक्रम के साथ ही साथ जाड़े के मौसम में हिमपात इतना अधिक होना चाहिये कि ग्रीष्मकाल में वह पिघल न सके। इसके अलावा स्थल का ढाल सामान्य होना चाहिये, तीव्र पवन न बचाव एवं सूर्य से गुराहा होनी चाहिये। उपर्युक्त परिस्थितियों के अनन्तर हिम का संचयन होता रहता है तथा जब अधिक हिम एकत्रित हो जाता है तो गुरुत्व के कारण हिम का समूह निचले ढाल की ओर जिह्वाकार में नदी रूप में प्रवाहित होने लगता है। इसे हिमनद या हिमानी या ग्लेशियर कहते हैं। धीरे-धीरे जब हिमनद, हिमरेखा के नीचे अधिक दूरी तक चले जाते हैं तो उनका वाष्पीकरण द्वारा तथा अधिक ताप द्वारा अन्त होने लगता है, हिम पिघलन लगती है और हिमनद एक जल की सरिता में बदल जाता है। कभी-कभी हिमनद स्थल भाग पर प्रवाहित होकर सागर में निर्जीव हो जाता है। ऐसी परिस्थिति में हिम का समूह बड़े-बड़े टुकड़ों में विभक्त होकर जल में तैरने लगते हैं। जल में तैरते हुए इन टुकड़ों को स्थायी हिमशिला (Icebergs) कहते हैं। भौतिक रूप में यदि हिम शुद्ध होता है तो उसका 9/10 वां भाग जल में डूबा रहता है। परन्तु हिम की शुद्धता में आधार पर यह अनुपात बदलता रहता है।

**हिमनद के प्रकार (Types of Glaciers)—**हिमनद के आकार, स्वरूप उत्पत्ति की प्रक्रिया आदि की दृष्टि से उनमें पर्याप्त अन्तर मिलता है। इस कारण हिमनदों के कई नाम रखे गए हैं। यद्यपि सभी प्रकार के हिमनद कुछ उभयनिष्ठ (Common) सामान्य विशेषताएँ अवश्य रखते हैं तथापि उनमें इतना अन्तर अवश्य होता है कि उनका अलग-अलग नामकरण किया जाय। हिमनद का वर्गीकरण कई विधानों में किया है तथा उनमें विचारकों में कुछ विशेषताओं को छोड़कर समता अवश्य दिखाई पड़ती है। रूप तथा आकार के आधार पर हिमनदों का चार प्रकारों—हिमदोषियाँ (Ice caps), महाद्वीपीय

हिमनद या हिमचादर, गिरिपदीय हिमनद तथा पर्वत हिमनद या घाटी हिमनद—में विभाजित किया जा सकता है।

(i) हिमटोपिया (Icecaps)—कुछ विद्वानों ने हिम टोपियो को हिमचादर (Ice-sheet) का ही लघु रूप माना है तथा इनके अनुसार हिमटोपियो का लघु महा-द्वीपीय हिमनदों के रूप में स्वीकार किया जा सकता है। परन्तु इसके विपरीत अन्य विद्वानों के अनुसार पर्वतों की चोटियों पर स्थित हिमचादर को हिम टोपी कहते हैं। वास्तव में हिमटोपिया अधिक ऊँचाई पर होती है, जहाँ से कई हिमनदों का मूलन होता है। चूँकि हिमटोपियो से हिमनदों का आविर्भाव होता है, अतः इस आधार पर कुछ लोगों ने हिमटोपियो को हिमनद मानने में जमहमति प्रकट की है। यदि हिमटोपियो को हिमनद के रूप में स्वीकार किया जाता है तो इनका आविर्भाव या तो एकाकी पर्वत चोटी या पर्वत पर होता है या पर्वत-श्रेणियों पर सामूहिक रूप से होता है। जब इन हिम-टोपियो से गुरुत्व के कारण हिम निचले ढालों पर हिमनद के रूप में सरकने लगता है तो उसे हिमनद घाटी कहते हैं।

(ii) महाद्वीपीय हिमनद (Continental Glacier)—जब किसी विशाल क्षेत्र में हिम के लगातार संचयन के कारण हिम की विस्तृत चादर का विकास होता जाता है तो उस भाग में अलग-अलग हिमनद न होकर समस्त भाग एक हिमनद के रूप में होता है। इस तरह के हिमनद का विस्तार सर्वाधिक होता है। इसी कारण से इन्हें महाद्वीपीय हिमनद कहते हैं। महाद्वीपीय हिमनद को हिमनादर (Ice-sheet) भी कहा जाता है। महाद्वीपीय हिमनदीय क्षेत्र के उच्चतम भाग से चारों तरफ अरीय (Radial) रूप में हिमराशि सरकने लगती है। परन्तु उसके सरकने की गति बहुत मन्द होती है। प्लोस्टोसीन हिम युग के समय महाद्वीपीय हिमनद का प्रवाह हिमचादर का विस्तार उत्तरी अमेरिका में केम्ब्रिज तथा कीबाइन (Keewatin) क्षेत्रों में हुआ था, जिससे उत्तरी अमेरिका का लगभग आधा भाग हिमाच्छादित हो गया था। केम्ब्रिज ग्लेशियर ने जेम्स की खाड़ी के आसपास 3,000 मीटर मोटी हिमचादर के साथ समशीतोष्ण भाग को पूर्णतया हिम से आच्छादित कर लिया था। इसी हिमनद का विस्तार न्यू इंग्लैंड क्षेत्र में भी हुआ था, जहाँ पर 2,000 मीटर मोटी हिमचादर में समस्त ब्राइट तथा ग्रीन पर्वत आच्छादित हो गये। वर्तमान समय में

सर्वाधिक विस्तृत महाद्वीपीय ग्लेशियर या हिमचादर का विस्तार ग्रीनलैंड तथा अण्टार्क्टिका महाद्वीप पर पाया जाता है।

(iii) पर्वत हिमनद या घाटी हिमनद (Mountain or Valley Glaciers)—पर्वतीय भागों में ऊँचे स्थानों पर स्थित हिम टोपी या हिमक्षेत्र (Snow fields) से हिम-राशि जब गुरुत्व (Gravity) के कारण निचले ढाल की ओर सरिता के रूप में प्रवाहित होती है तो उसे पर्वतीय हिमनद कहते हैं। पर्वतीय हिमनद मुख्य रूप से पर्वतीय घाटियों से होकर प्रवाहित होते हैं, अतः इन्हें प्रायः घाटी हिमनद (Valley-glaciers) भी कहते हैं। पर्वतीय हिमनदों का सर्वप्रथम अध्ययन आल्पाइन हिमनद (Alpine Glaciers) भी कहते हैं। अपने उद्गम स्थान पर घाटी हिमनद अधिक चौड़ा होता है। परन्तु जैसे-जैसे नीचे उतरता जाता है वैसे-वैसे संकुच होने लगता है। आधार की दृष्टि से घाटी हिमनदों में अधिक अंतर होता है। इनकी नग्माई कुछ मीटर से लेकर 2,000 किलोमीटर तक होती है। घाटी हिमनद हिमरेखा से प्रायः ऊपर ही स्थित होते हैं। नीचे उतरने पर इनका विनाश होने लगता है।

(iv) गिरिपद हिमनद (Piedmont Glaciers)—जब पर्वतीय भाग से कई घाटी हिमनद नीचे उतर कर पर्वत के आधार (Base) या तली (Foot) पर एक दूसरे में मिल जाते हैं तो उन विस्तृत हिमनदों को गिरिपद हिमनद (Piedmont Glacier) कहा जाता है। इस तरह के हिमनद प्रायः ठंडे भागों में ही मिलते हैं, क्योंकि गर्म भागों में नीचे उतरने पर उनके पिघल जाने की सम्भावनाएँ अधिक रहती हैं। नीचे उतरने पर गिरिपद हिमनदों की गति मन्द हो जाती है। अतः इसका कैमेलस्पिना ग्लेशियर (Melaspina Glacier) इनका प्रमुख उदाहरण है।

H W Ahlmann महोदय ने सन् 1948 ई० में हिमनदों का आकृति के आधार पर विधिवत वर्गीकरण किया। इस वर्गीकरण को आकृतिक वर्गीकरण (Morphological Classification) कहा जाता है। वास्तव में Ahlmann महोदय ने हिमनदों के प्रमुख तीन प्रकारों—महाद्वीपीय हिमनद, घाटी हिमनद तथा गिरिपद हिमनद को स्वीकार किया है तथा उन्हें पुनः 11 उप-विभागों में विभक्त किया है—

(क) विस्तृत हिमचादर वाले वे हिमनद, जिनसे हिम चारों दिशाओं में गतिशील होता है। इस प्रकार के

विभूत हिमनदों को तीन भागों में विभाजित किया जाता है—

- 1 महादीपीय हिमनद (Continental glaciers) ।
- 2 हिम-ढोपी (Glacier caps)—ये महादीपीय हिमनद में छोट श्रेणी है ।
- 3 उच्चस्थलीय हिमनद (Highland glaciers) — ये हिमनद पर्वतों के मध्यवर्ती उच्चतम भागों में मिलते हैं ।

(ख) विविध मार्गों वाले हिमनद (Glaciers confined to more or less marked courses)—इनमें कुछ स्वतन्त्र हिमनद होते हैं तथा कुछ प्रथम वर्ग (क) के हिमनदों के हिस्से बनने होते हैं—

- 4 अल्पाइन प्रकार के घाटी हिमनद (Valley glaciers of Alpine type) ।
- 5 समान घाटी का पूर्ण रूप में आवृत करने वाले हिमनद (Transection glaciers) ।
- 6 भर्क हिमनद ।
- 7 Wall sided Glaciers ।
- 8 Glaciers tongues afloat करता हुआ (नैरता हुआ) जिह्वाकार हिमनद ।

(ग) समतल सतह पर फैले हुए, उबरी तथा मोमिन हिमनदों वाले हिमनद—

- हिमनदों के समतल सतह पर फैले हुए पतली तथा मोमिन
- 9 गिरिपदीय हिमनद (Piedmont glaciers) ।
- 10 पदीय हिमनद (Foot glaciers) ।
- 11 शेल्फ हिमनद (Shelf ice) ।

### हिमालय पर्वत के हिमनद (Glaciers of the Himalayas)

हिमालय पर्वत में अनेक प्रकार के हिमनद मिलते हैं परन्तु उनमें से अधिकांश पर्वतीय हिमनद या घाटी हिमनद (Valley glaciers) के ही रूप में हैं। हिमालय का दक्षिणी ढाल अधिक सूखा है, अतः हिमालय प्रमुख कर 3 800 मीटर तक पानी जाता है परन्तु उत्तरी ढाल हल्का होने के कारण निम्न की ओर हिमनद 5,000 मीटर तक उतर पाते हैं। पृथ्वी पर का छोड़कर मत्स्य के अधिकांश विमानलय हिमनद ही मिलते हैं। हिमालय के अनेक हिमनदों में अनेक बड़ी नदियाँ निकलती हैं। गंगा तथा यमुना प्रमुख उदाहरण हैं। हिमालय के हिमनदों के आकार तथा गति में पर्याप्त विभिन्नताएँ मिलती हैं। सामान्यतः ये हिमालय के हिमनदों में पर्वतीय की

ओर दैनिक गति 7-10 सेंटीमीटर तथा बीच में एक फुट (30 सेंटीमीटर) तक होती है। कराकोरम श्रेणी के बालटोरो हिमनद (Baltoro) के आगे बढ़ने की अधिकतम गति 12 मीटर प्रतिदिन है। आकार में भी पर्याप्त भिन्नता होती है। सामान्य रूप में इनकी चौड़ाई 4-5 किलोमीटर तक होती है परन्तु कराकोरम के हिस्पर (Hispar) तथा बादुरा (Batura) हिमनद 58 न 60

हिमनद का नाम	क्षेत्र मील, किमी०	प्रकार
----- काल्पीय		
1 रूपल (Rupal)	10, 16	आस (Transverse)
2 पुनमा (Punmah)	16 6/27	आस (Transverse)
3 रिमो (Rimo)	25 4/40	अनुदैर्घ्य या अनुदैर्घ्य (Longitudinal)
4 हिमार्चो (Himarche)	—	आस (Transverse)
5 बार्चो (Barche)	—	अनुदैर्घ्य (Longitudinal)
6 मिनापिना (Minapin)	—	आस (Transverse)
7 हिस्पर (Hispar)	38 60	अनुदैर्घ्य या अनुदैर्घ्य
8 बियाफो (Biafo)	39/62	" "
9 बाल्टोरो (Baltoro)	36/58	" "
10 सियाचेन (Siachen)	43/72	" "
11 बादुरा (Batura)	36 58	" "
12 सासाईनी (Sasaini)	99/158	आस (Transverse)
13 मोहिल यज (Mohil Yaz)	18/28 8	" "
14 यजगिल (YazGhil)	18/28 8	" "
15 खुरदोपिन (Khurdopin)	26/41 6	" "
16 त्रिजो रेव	24/38 4	" "
17 मिनाम (Milam)	कुमायूँ 12 19	अनुदैर्घ्य (Longitudinal)
18 कदारनाथ (Kedarnath)	8 8/14	आस (Transverse)
19 गंगात्री (Gangotri)	13 1/25	" "
20 कोसा (Kosa)	6 1/11	" "
21 जमु (Zemu)	निर्दक्ष 13 1/25	" "
22 कंचनजंगा (Kanchenjunga)	1 1/6	" "

किलोमीटर तक लम्बे हैं। हिमनदों में हिम की मोटाई भी सर्वत्र समान नहीं होती है। हिम की मोटाई औसत रूप से 125 से 800 मीटर तक होती है। परन्तु फेडचेन्को (Fedchenko) में हिम की मोटाई 600 मीटर, बालटेरो में 166 मीटर तथा जेम्स (Zemu) में 220 मीटर तक है। हिमनदों ने अपने अपरदन द्वारा हिमालय पर्वत में कई प्रकार के स्थलरूपों का निर्माण कर रखा है।

### हिमनदों का गतिशील होना (Movement of Glaciers)

हिमनदों की गतिशीलता के विषय में प्रारम्भ में गलत धारणाएँ थीं। प्राचीन काल में प्रायः यह माना जाता था कि हिमनद प्रायः स्थिर होते हैं अर्थात् हिमक्षेत्र की हिम-राशि में कोई गति नहीं होती है। हिमनद की गति बहुत मन्द होने के कारण सम्भवतः इस विचारधारा का प्रचलन किया गया था। परन्तु प्रयोगों के आधार पर प्राचीन विचारधारा को गलत साबित कर दिया गया है तथा कुछ विद्वानों ने न केवल हिमनदों की गतिशीलता पर ही विश्वास किया है वरन् उन्हें नदी के रूप में माना है, जो कि नदियों के समान अपनी घाटियों से होकर प्रवाहित होती है। सर्वप्रथम स्विट्जरलैंड के निवासी प्रोफेसर ह्यूजी (Hugi) ने व्यक्तिगत पर्यवेक्षण के आधार पर हिमनदों की गतिशीलता को प्रमाणित किया। उन्होंने आल्प्स प्रवेश के आर नामक श्वेडिश पर एक स्थान पर एक कुटी बनाई जो कि चौदह वर्ष के बाद अपने प्रारम्भिक स्थान में 4200 फीट आगे बढ़ गई थी। इसके बाद स्विट्जरलैंड के एक अन्य विद्वान सुई अगासीज ने हिमनदों की गति की एक अनेक दृश्यों से प्रमाणित किया। उन्होंने एक हिमनद के आर-पार एक किनारे से दूसरे किनारे तक एक सीधी रेखा में कई खूबियाँ गड़वा दीं। कुछ समय बाद निरीक्षण करने से पता चला कि किनारे की खूबियों की अपेक्षा बीच की खूबियाँ अधिक आगे बढ़ गई थी। इतना ही नहीं सभी खूबियाँ घाटी के ढाल की ओर झुकी थीं। इस प्रकार अगासीज ने हिमनद की गति के विषय में कई दिलचस्प तथ्यों का प्रतिपादन किया — 1. हिमनद में गति होती है। अर्थात् यह अपने उत्पत्ति केन्द्र से आगे की ओर बढ़ता है। 2. उसके मार्ग के विभिन्न भागों में समान गति नहीं होती है। किनारे की अपेक्षा मध्य भाग में अधिक गति होती है। 3. हिमनद की गति तनी की अपेक्षा सतह पर अधिक होती है। वर्तमान समय में हिमनदों की गतिशीलता के विषय में

पर्याप्त प्रमाण सुलभ हो गये हैं। अब यह सर्वमान्य है कि हिमनद में गति होती है, परन्तु जलमयी नदी के समान यह गति नहीं होती है। प्रत्येक हिमनद में गति भिन्न-भिन्न होती है। इतना ही नहीं एक ही हिमनद में जाड़े की ऋतु तथा गर्मी की ऋतु में गति में पर्याप्त अन्तर होता है। सामान्य रूप से गर्मी में जाड़े की अपेक्षा हिमनद की गति अधिक होती है। विश्व के सबसे अधिक रफ्तार वाले हिमनद ग्रीनलैण्ड में पाये जाते हैं। यहाँ के कुछ हिमनद गर्मी की ऋतु में 20 मीटर प्रतिदिन के हिसाब से आगे बढ़ते हैं। सामान्य रूप से ग्रीनलैण्ड के हिमनद प्रतिदिन 3 मीटर की दर से आगे बढ़ते हैं। अण्टार्क्टिका का Beardmore Glacier, जो कि विश्व का सबसे बड़ा हिमनद है, प्रतिदिन एक मीटर से भी कम की दर से आगे बढ़ता है। स्विट्जरलैंड में मेर डी म्नास हिमनद की दैनिक गति किनारों पर 2.5 सेण्टीमीटर से 50 सेण्टीमीटर तथा बीच में 50 सेण्टीमीटर से 67.5 सेण्टीमीटर और हिमालय के रोमपुक हिमनद की दैनिक गति किनारों पर 7.5 से 12.5 सेण्टीमीटर तथा मध्य में 20 से 30 सेण्टीमीटर है।

### हिमनदों में गति के कारण

यद्यपि हिमनदों की गतिशीलता को सभी विद्वानों ने स्वीकार किया है, परन्तु उनकी गतिशीलता के सम्भावित कारणों के विषय में पर्याप्त मतभेद है। कुछ विद्वान हिमनद में गति का प्रधान कारण गुरुत्व (Gravity) को बताते हैं। हिम के संचयन होते रहने से उनके भार में वृद्धि के कारण निचले ढाल की ओर हिम सरकने लगता है। यदि हिमनद की घाटी को ढाल प्रवणता (Gradient of slope) इतनी है कि उसके होकर हिम फिसलकर आगे बढ़ सके परन्तु टूट कर गिरे नहीं तो हिम के भार के कारण ढाल के सहारे हिमनद की गति प्रारम्भ हो जाती है। इस मत के विरोध में कुछ विद्वानों का कहना है कि यदि हिम राशि के भार तथा दबाव के कारण अर्थात् गुरुत्व शक्ति के कारण हिमनदों में गति होती है तो जाड़े के मौसम में हिमनदों की आगे बढ़ने की गति सर्वाधिक होनी चाहिए, क्योंकि जाड़े में अधिक हिमपात के कारण हिम का संचयन अत्यधिक होता है, परन्तु इसके विपरीत गर्मी के मौसम में हिमनद की गति सर्वाधिक होती है। इस प्रकार द्वितीय वर्ग के विद्वानों के अनुसार हिमनदों में गति जल से हिम बनने समय उसके आयतन में विस्तार के कारण होती है। जब जब हिमनद में परिवर्तित होता है तो उसके आयतन

में बृद्धि होती है, जिस कारण हिमराशि में प्रसार होता है। यह प्रसार प्रतिवर्ष ३५ 2,000 फीट तक सम्भव होता है। यदि उपर्युक्त दोनों विचारधाराओं में मामूजस्य स्थापित कर दिया जाय तो हिमनद की वास्तविक गति की समस्या का निदान हो सकता है। अर्थात् हिमनद में गति मुख्यतः गति तथा जल के हिम में परिवर्तित हान के कारण प्रसार द्वारा होती है। हिमनद की गति कई तथ्यों पर आधारित होती है। यदि हिमनद की घाटी का ढाल अधिक है हिम की मोटाई अधिक है तो उसकी गति अधिक होती है परन्तु हिमनद में ग्लेशियर की मात्रा अधिक है, ढाल कम है तो गति मन्द होती है। जब हिमनद आगे बढ़ता है तो उस "हिमनद का आगमन" (Advancement of glaciers) तथा पीछे हटने की क्रिया को हिमनद का निवर्तन (Retreat of Glaciers) कहते हैं। हिमनद का आगमन भाग जब वाष्पीकरण या पिघलने के कारण मन्द हो जाता है तो हिमनद पीछे भटकने प्रतीत होता है। इस क्रिया का अपक्षरण (Ablation) कहते हैं। यदि हिम बनने की क्रिया की अपेक्षा मन्द हान की क्रिया तीव्र होती है तो हिमनद पीछे हटने लगता है। इस हिमनद का निवर्तन कहते हैं।

### हिमनद का अपरदनात्मक कार्य (Erosional Work of Glacier)

सामान्य परिचय—सामान्य रूप से हिमनद, अपरदन के अन्य माध्यमों के समान मार्ग में आगे बढ़ती ग्लेशियर का अपरदन करता है। उनसे प्राप्त पदार्थों का परिवहन करता है तथा मृदा का यथास्थान निक्षेपण भी करता है। परन्तु हिमनद का अपरदनात्मक कार्य के विषय में विद्वानों में दो प्रकार के मत प्रचलित हैं। य दोनों विचार परस्पर विरोधी हैं। प्रथम वर्ग के विद्वानों के अनुसार हिमनद ग्लेशियर की संरक्षण प्रदान करता है, क्योंकि यह उस पर संप्रेशण करता है। अतः हिमनद का अपरदनात्मक कार्य नगण्य होता है। इस विचारधारा का संरक्षणपरक संकल्पना (Protection concept) तथा इसके समर्थकों का संरक्षणवादो कहा जाता है। इस विचारधारा के अनुसार हिमनद का अपरदनात्मक कार्य मुख्यतः अपक्षरण तथा टिप्पल नामक क्रियाओं के अनुसार हिमनद अपरदन का एक मध्यम साधक होता है तथा इसके अपरदन द्वारा विभिन्न प्रकार के स्थलाकृतियों का आबिर्भाव तथा विकास होता है। हिमनद न केवल अपने अपरदन द्वारा पूर्व निर्मित स्थलाकृतियों पर परिवर्तन

लाता है वरन् नवीन स्थलाकृतियों का भी मूलन करता है। इस वर्ग के विद्वानों ने ग्लेशियरों द्वारा हिमानीकरण द्वारा उत्पन्न तथा परिवर्तित स्थलाकृतियों के अनेक उदाहरण प्रस्तुत करके अपने मत की सत्यता सिद्ध करने का सफल प्रयास किया है। यदि मूल्य दृष्टि से देखा जाय तो दोनों मत अतिशय की आश उन्मुख हैं। इतना तो निश्चयपूर्वक अवश्य कहा जा सकता है कि हिमनद अपरदन करता है परन्तु यह अपरदन सर्वत्र नहीं होता है तथा नदियों के समान हिमनद का अपरदन सम्पूर्ण नहीं होता है। जब तक हिमनद स्थायी होता है, निश्चयपूर्वक वह ग्लेशियर का रक्षण प्रदान करता है। परन्तु यदि वह गतिमान होता है तो किसी न किसी रूप में अपरदन अवश्य प्रारम्भ हो जाता है। इस तरह हिमनद अपरदन का एक प्रभावशाली माध्यम होते हुए भी ग्लेशियर का कुछ मोला तक रक्षक भी है।

अपरदन के सामान्य रूप—हिमनद का अपरदनात्मक कार्य अनेक रूपों में सम्पन्न होता है। इनमें से प्रमुख हैं—अपक्षरण (Abrasion), उत्थापन (Plucking) आदि। यदि हिमनद का हिम शुद्ध होता है तो उमम अपरदनात्मक सामग्री नहीं के बराबर होती है, परन्तु जब हिमनद में छोट छोट कंकड़-पत्थर तथा शैल चूने पर्वत पदार्थ होते हैं तो हिम अपरदन का सक्रिय कारक हो जाता है। ये पदार्थ अपरदन का साधक होते हैं। जिनकी सहायता से हिमनद अपनी घाटी की तरफ तथा किनारों पर अपरदन करता रहता है। इस क्रिया का अपक्षरण कहते हैं। हिमनद की गति के कारण उसके अन्तर्गत (कंकड़ पत्थर आदि) भी आगे की ओर बढते हैं जो कि मार्ग में पड़ने वाली ग्लेशियर पर रेषमान (Sand Paper) का कार्य करते हैं। इन पदार्थों की सहायता से हिमनद की घाटी की तरफ तथा किनारों पर अपरदन (Scouring) होता रहता है। वास्तव में आगे बढ़ते हुए हिमनद का साथ चलने वाले पदार्थ घाटल के पुराने हुए चलते हैं, जिस कारण प्रभावित ग्लेशियर पर बड़े प्रकार की धारियाँ (Strains) बन जाती हैं। ये धारियाँ अपक्षरण से परिभाषित होती हैं। उत्थापन की क्रिया (उत्थापन या टिप्पल Plucking) में हिमनद चट्टानों के बड़े-बड़े टुकड़े या लकड़ों पर उन्हें अपने साथ खींचता है। तथा तथा हिम के निचले भाग में प्राप्त होने वाले ग्लेशियरों में प्रविष्ट हो जाता है तथा ताप के कारण के कारण उसे हिम का एक धारण करके खींचता है, जिस कारण ग्लेशियर कमजोर हो जाता है। इस तरह का कमजोर ग्लेशियर बड़े-बड़े टुकड़े

(Blocks) टूट कर अलग होते रहते हैं। घाटी हिमनद द्वारा उस तरह की उत्पादन क्रिया अधिक होती है। उत्पादन के रूप में अपरदन द्वारा हिमनद अपने शीर्ष की ओर अपरदन (Headward erosion) करता है। पहाड़ी भाग में इस क्रिया द्वारा आराम कुर्मा के समान सर्क या कोरी (Cirque or corrie-हिमखड्डर) का निर्माण होता है। हिमनद के अपरदनात्मक तथा निक्षेपात्मक कार्यों को सम्मिलित रूप में हिमानीकरण या ग्लेशियरीकरण (Glaciation) कहते हैं। हिमानी के क्षेत्र, उच्च पर्वतीय भाग होते हैं, अतः दुर्गम होने के कारण हिमनद के अपरदन का पूर्णतया अध्ययन नहीं किया जा सकता नका है।

### हिमनद-अपरदन सिद्धान्त

#### (Law of Glacial Erosion)

यद्यपि हिमनद अपरदन करता है, परन्तु उसका अपरदनात्मक कार्य सदैव महत्वपूर्ण नहीं होता है अपितु कुछ विशेष परिस्थितियों में ही वह अधिक सक्रिय होता है। हिमनद के अपरदन सम्बन्धी कार्य में हिम के साथ ही साथ हिम में पिघला हुआ जल तथा उसके साथ चलते हुए कंकड़-पत्थर आदि भी सहायता प्रदान करते हैं। हिम के पिघलने से प्राप्त हुआ जल हिमनद की घाटी की तली में गालीदार अपरदन (Gully Erosion) करता हुआ चलता है। इस तरह हिमनद का हिम, उससे प्राप्त जल तथा कंकड़-पत्थर आदि हिमनद के मार्ग में अपघर्षण (Abrasion) तथा उत्खादन (Plucking) द्वारा अपरदन करते हैं, जिस कारण हिमनद की तली तथा उसके पार्श्व-भाग (Sides) जराग्रस्त होते हैं। हिमनद द्वारा अपघर्षण कार्य उस समय अधिक सक्रिय होता है, जब कि ढाल इतना हो कि हिमनद के आगे बढ़ने की गति तीव्र हो परन्तु हिम टूट कर गिरने में पाये, हिम तथा गिलाखण्डों का दबाव अधिक हो तथा ये पदार्थ हिमनद की तली को स्पर्श करते हुए चले। इस स्थिति में तली या पार्श्व भागों में कई प्रकार की खरोचे पड़ जाती हैं। हिमनद की तली असमान होती है। इस कारण उसमें सर्वत्र अपरदन समान नहीं होता है। इस तथ्य को ध्यान में रख कर दो मार्तौनी (Demartonne) महोदय ने हिमनद के अपरदन सम्बन्धी एक सिद्धान्त या नियम का प्रतिपादन किया है, जिसे हिमनदीय अपरदन का सिद्धान्त कहते हैं। हिमनद की तली मुख्य रूप में ऊँची-नीची होती है अर्थात् उसमें अवतल तथा उत्तल ढाल होते हैं। जहाँ पर हिमनद की तली समतल होती है, वहाँ पर यद्यपि

हिम तथा मलबा का दबाव अधिक होता है तथा ये पदार्थ तली को स्पर्श करते हुए चलते हैं तथापि मन्द गति होने के कारण अपरदन अधिक नहीं हो पाता है। इसके विपरीत असमान तली में ढाल के संगीन मलबा तथा हिम का दबाव कम होता है एवं इनका हिमनद की तली में न्यूनतम सम्पर्क रहता है तथापि हिमनद की तीव्र गति के कारण अपरदन अधिक होता है। सामान्य नियमानुसार जब हिमनद अवतल ढाल की ओर बढ़ता है तथा उसमें होकर जब अग्रसर होता है तो उसकी ऊपरी सतह में दबाव तथा खिंचाव के कारण दरारे (Crevasses) पड़ जाती हैं। इस कारण ढाल में नीचे उतरते समय हिम राशि के बड़े बड़े टुकड़े खण्ड-खण्ड होकर नीचे सरकने लगते हैं जिन कारण उत्तरी (हिमनद) गति अधिक तीव्र हो जाती है। परिणामस्वरूप जब हिमनद उत्तर ढाल की ओर बढ़ता है तथा उसे पार करके दूसरी ओर नीचे उतरता है तो दोनों भागों में अधिक अपरदन होता है। इस तरह उत्तल ढाल के दोनों किनारों पर सर्वाधिक अपरदन होता है, जब कि अवतल ढाल पर न्यूनतम अपरदन होता है। दो मार्तौनी के इस सिद्धान्त को ही हिमनदीय अपरदन का सिद्धान्त (Law of glacial erosion) कहा जाता है। दो मार्तौनी के सिद्धान्त की निम्न पक्षियों में उद्धृत किया जा सकता है—“यदि हिमनद की तली का ढाल समान नहीं है, जो कि एक तथ्य है, तो दरार क्षेत्रों के दोनों ओर के ऊपर और नीचे सर्वाधिक अपरदन होता है।”

हिमनद के अपरदनात्मक कार्य में विषय में एक और महत्वपूर्ण बात है। हिमनद को अपरदन का एक सक्रिय साधन बनाने वाले स्रोतों के अनुसार भी हिमनद में सर्वत्र अपरदन नहीं होता है वरन् उसमें कुछ ऐसे मण्डल होते हैं, जहाँ पर अपरदन होता है अन्य भागों में निक्षेप होता है। इस तरह हिमावरण में अच्छेतर भाग में तीन मण्डलों का निर्धारण किया गया है—1. केन्द्रीय भाग जो कि एक सुरक्षित मण्डल होता है (Protected central zone)- यहाँ पर अपरदन तथा निक्षेप दोनों लगभग होते हैं। 2. मध्यवर्ती मण्डल (Intermediate zone)—इस भाग में हिम द्वारा अपरदन सर्वाधिक महत्वपूर्ण होता है। 3. परिधीय मण्डल (Peripheral zone)—इस भाग में निक्षेपात्मक कार्य अधिक महत्वपूर्ण होता है। उपर्युक्त विवरण के आधार पर यह स्पष्ट हो गया है कि हिमनद के अपरदनात्मक तथा निक्षेपात्मक कार्य अवश्य महत्वपूर्ण होते हैं। अन्य अपरदन के साधनों के समान ही हिमनद



ढांग होने वाला अपरदन भी "विशेषक अपरदन" (Differential erosion) कहलाता है।

पर्वतीय हिमनद या घाटी हिमनद के अपरदनात्मक स्वरूप (Erosional Landforms of Mountain or Valley Glaciers)

पर्वतों के अधिकांश पर्वतीय भागों की वर्तमान स्थलाकृतिक दृश्यरचना (Topographic scenery) का आविर्भाव घाटी हिमनद द्वारा प्रारम्भिक स्थलरूपों के अपरदन के कारण परिवर्तन द्वारा ही हुआ है। आगे बढ़ता हुआ हिमनद अपने मार्ग में अपघर्षण तथा उत्पादन (Abrasion or corrasion and plucking) द्वारा कुछ नये स्थलरूपों का सृजन करता है और पूर्वस्थित स्थलरूपों में सुशोधन तथा परिवर्तन लाता है। कड़ी-कड़ी पर तो घाटी हिमनदी में प्रारम्भिक नदियों की तुलना अधिक परिवर्तित कर दिया है कि उनका आकार ही सर्वथा बदल गया है, अर्थात् प्रधिकांश नदियों की घाटियाँ U आकार की हो गई हैं। हिमनद नुकीले कटक (Sharp ridges) चोटियों आदि को अपघर्षित तथा चिकना करके दौतर बना देता है। इस तरह हिमानीकृत भागों में पर्याप्त अन्तर स्थापित दिया जा सकता है। यदि अत्यन्त पर्वतों को लिया जाए तो उनकी मध्यवर्ती तथा दक्षिणी भाग नदी द्वारा अपरदित हुआ है। जब कि उत्तरी भाग हिमानी द्वारा अपरदित हुआ है। हिमानीकरण से प्रभावित भागों में कटक, चोटियाँ तथा उच्च भाग नुकीले होते हैं तथा समस्त भाग दौतर (Serrate in general forms) होता है। प्रवाह प्रणाली में सामञ्जस्य नहीं होता है, बरन् सम्पूर्ण प्रवाह-प्रणाली विरुद्ध (Discordant) होती है। मुख्य घाटी की महापक घाटियाँ उस पर लटकती रहती हैं, जिन्हें लटकती घाटियाँ या निलम्बित घाटियाँ (Hanging valleys) कहते हैं। ढालों पर चट्टान-चूर्ण का आवरण नहीं होता है। इसके विपरीत हिमानीकरण से अप्रभावित (Non glaciated) क्षेत्रों में, बड़ी पर सरिता अपरदन अधिक मजबूत रहा है, उच्चावच (Reliefs) गोलाकार तथा मनस्त भाग पवित्र होने के कारण अधिक नीचा होता है। ढालों पर चट्टान-चूर्ण का मोटा आवरण रहता है। मुख्य सरितायें तथा उनकी महापक नदियाँ (Graded) होती हैं एवं अनेक शाखाओं-प्रतिशाखाओं में विभक्त हो जाती हैं। घाटी हिमनद द्वारा उत्पन्न स्थलरूपों में महत्त्वपूर्ण है—हिमानीकृत घाटियाँ (Glaciated valleys), सर्क या हिमपट्ट (Cirque), अर्क या गोरन कटक (Arête), पिरामिड (Horn),

कॉल (Col), ट्रिजिन स्पर्स (Truncated spurs), एल्ब (Elb), भेड पीड श्रैल (Roche moutonnées), चूल्हा-पुच्छ (Crag and Tail), गिगान्ट सीपेस (Giant staircase or cyclopean stairs) मुनाटा (Munata) कियोर्ड आदि। मध्य में घाटी पर हिमनद की घाटी की परिच्छेदिकाओं का उत्पन्न रूप तथा आवरण है। हिमनद की अनुप्रस्थ परिच्छेदिका (Transverse Profile) अर्थात् U आकार के समान होती है किन्तु किनारे पर डाल जाने वाले हैं परन्तु नदी चौरस तथा सपाट होती है। इसके विपरीत हिमनद की अनुदैर्घ्य परिच्छेदिका (Long Profile) प्रायः सीपेस (Step like) होती है। इसका प्रमुख कारण हिमनद की नदी का ऊँचा-नीचा होना तथा विभिन्न स्थानों पर अपरदन में भिन्नता का होना है।

U आकार की घाटी (U Shaped valleys)

पर्वतीय भागों में घाटी हिमनद द्वारा पर्वतों में गहरा प्रवाहित होने हैं, किन्तु किनारे पर उच्च भाग हो जाते हैं तथा तली सपाट तथा चौगुल होती है। हिमनदी की घाटियाँ अर्थात् U आकार में मिलती हैं। इस आधार पर उन्हें 'U आकार की घाटियाँ' कहते हैं। यह स्पष्ट पता है कि घाटी की अनुप्रस्थ परिच्छेदिका का रूप में U आकार की नहीं होती है। सभी-सभी इन घाटियों की महापक घाटियाँ ऊपर लटकी रहती हैं। इस तरह का लटकती घाटियों वाली मुख्य घाटी को लटकती घाटी से युक्त U आकार की घाटी कहते हैं। पर्वतीय क्षेत्रों में हिमनद अपनी कोई नवीन घाटी का स्वरूप निर्माण नहीं करता है अपितु पहले से ही नदियों द्वारा निर्मित घाटियों को परिवर्तित एवं सुशोधन करता है। हिमनद के अपघर्षण (Abrasion) तथा उत्पादन (Plucking) की क्रियाओं द्वारा वे घाटियाँ किन्तु गहरा हिमनद प्रवाहित होता है कटक चोटियाँ हानी रहती हैं तथा उनके किनारे समथर होने जाते हैं। घाटी की तली सपाट तथा चौरस हो जाती है। कभी-कभी इससे बचकर तली में मनवा का निक्षेप भी हो जाता है। इस प्रकार से निर्मित U आकार की घाटियों में समथर किनारे अवतल ढाल पाये जाते हैं। U आकार की घाटी का विकास तथा आकार देना की रचना तथा हिमनद के अपरदन के स्वरूप पर आधारित होता है। यदि कोई समयान अवरोध बानी है तो घाटी की किनारे सीपेस (Step like) हो जाते हैं। U आकार की घाटी के निर्माण के विषय में हिमानी में पदार्थ संचयन है। हिमानी

के विचारों को दो वर्गों में विभाजित किया जा सकता है—प्रथम वर्ग के विद्वानों के अनुसार हिमनद स्वयं किसी घाटी का निर्माण नहीं करता है बल्कि नदियों द्वारा निर्मित घाटियों में होकर प्रवाहित होता है तथा उसे अपने अपरदन द्वारा परिवर्तित करके U आकार का रूप प्रदान करता है। इस विचारधारा की स्पष्ट व्याख्या ऊपर दी जा चुकी है। विद्वानों का द्वितीय वर्ग हिमनद को अपरदन का एक सक्रिय साधन बताता है। इस वर्ग के अनुसार हिमनद अपने अपरदन द्वारा स्वयं अपनी घाटी का निर्माण करता है। टिण्डल म्होदय इस मत के सबसे बड़े समर्थक हैं। इनका कहना है कि U आकार की घाटियों के निर्माण में जल का हाथ नहीं रहता। हिमनद अपन अपघर्षण तथा उखाड़न क्रियाओं द्वारा पूर्णरूप से इन घाटियों का निर्माण करता है। यदि आलोचनात्मक दृष्टि से देखा जाय तो द्वितीय वर्ग जति-शयोक्ति करीब है। यदि U आकार की घाटियों की गहराई तथा चौड़ाई पर दृष्टिपात किया जाय तो स्पष्ट हो जाता है कि इतनी विनाल घाटियों का निर्माण केवल हिमनद द्वारा सम्भव नहीं हो सकता है। यह तो निश्चित ही है कि प्रत्येक पर्वतीय भाग में (सदैव हिमाच्छादित भागों को छोड़कर परितोभों का विकास होता है जो कि अपनी घाटियों का विकास करती हैं। ऊपरी भाग से जब हिमनद प्रवाहित होता है तो वह आसानी से पूर्व-निर्मित नदियों की घाटियों का अनुसरण करता है। उसे परिवर्तित करके U आकार प्रदान करता है। इस तरह प्रथम विचारधारा सत्यता के अधिक करीब है। इस तथ्य को भी अस्वीकार नहीं किया जा सकता है कि हिमनद सदैव पूर्व-निर्मित नदियों की घाटियों से ही होकर प्रवाहित होती होती है।



चित्र 335—'U' आकार की घाटी।

#### लटकती या निलम्बित घाटी (Hanging Valleys)

जब हिमनद की मुख्य घाटी के तल से उसमें मिलने वाली सहायक नदियों के तल अधिक ऊँचे होते हैं तो सहायक घाटियाँ, मुख्य घाटी पर लटकती हुई प्रतीत होती हैं। इसी कारण इन्हें लटकती घाटियाँ या निल-

म्बित या बहिलम्बी घाटियाँ (Hanging valleys) कहते हैं। हिम के पिघल जाने पर जब इन लटकती घाटियों से जल निचली घाटी में गिरता है तो प्रपात का निर्माण होता है। इस कारण लटकती घाटियों को प्रपाती घाटियाँ भी कहा जाता है। लटकती घाटी के निर्माण के विषय में भी दो मत प्रचलित हैं। प्रथम मत के अनुसार लटकती घाटियों का निर्माण पूर्ण रूप से हिमानी द्वारा अपरदन के कारण होता है। इस मत के अनुसार लटकती घाटी का निर्माण हिमनद की मुख्य घाटी तथा सहायक घाटी के विभिन्न तल के कारण होता है। दूसरे शब्दों में इन घाटियों का निर्माण मुख्य हिमनद तथा उसकी सहायक शाखाओं द्वारा असमान अपरदन के कारण होता है। मुख्य हिमनद निश्चित रूप से अपनी सहायक हिमनदियों की अपेक्षा अधिक लम्बा, चौड़ा तथा विस्तृत होता है। अतः मुख्य ग्लेशियर अपनी घाटी को सहायक हिमनदियों की अपेक्षा अधिक गहरा तथा चौड़ा करता है। इस कारण सहायक घाटियों की अपेक्षा मुख्य घाटी अधिक गहरी होती जाती है। परिणामस्वरूप सहायक घाटियों का तल मुख्य घाटी के तल से अधिक ऊँचा रह जाता है। इस स्थिति में उच्च तल वाली सहायक घाटियाँ, लटकती घाटियाँ होती हैं।



चित्र 336—लटकती या निलम्बित घाटी (Hanging Valley)।

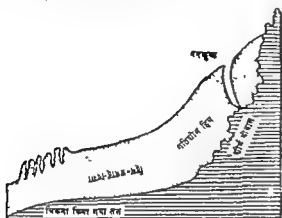
विद्वानों का द्वितीय वर्ग, जो कि हिमनद की मैनों के मरक्षक के रूप में मानता है, उपर्युक्त विधि के विपरीत लटकती घाटियों के निर्माण में विश्वास करता है। इस वर्ग के अनुसार मुख्य घाटी में नदी का विकास होना है तथा उसकी सहायक नदियाँ पर्वतों के अधिक ऊँचे भागों से आकर मुख्य घाटी में मिलती हैं। अधिक ऊँचाई से आने के कारण सहायक नदियाँ हिम से भरी रहती हैं। ये हिमनदियाँ मुख्य नदी में निचले भाग में मिलती हैं। चूंकि मुख्य घाटी में जल होता है, जल बहु जन द्वारा अपरदन के कारण तीव्र गति से अधिक गहरी तथा चौड़ी होती है। इसके विपरीत सहायक घाटियाँ हिम से भरी रहने के कारण कम अपरदन के कारण अधिक गहरी नहीं हो पाती हैं। परिणाम यह होता है कि सहायक नदियाँ, जहाँ मुख्य घाटी से मिलती हैं, वहाँ पर मुख्य घाटी का तल सहायक घाटियों के तल में अधिक नीचा हो जाता है, अतः मुख्य घाटी पर लटकती भी नजर आती है। इस परिकल्पना (Hypothesis) के पक्ष में अनेक प्रमाण प्रस्तुत किये जाते हैं—1 सभी सहायक घाटियाँ मुख्य घाटी से समान रूप से नहीं लटकती हैं। 2. घाटी हिमनद के क्षेत्र में सर्वत्र लटकती घाटी नहीं मिलती है। यदि हिमनद के अपरदन द्वारा लटकती घाटियों का निर्माण होता तो पर्वतीय भागों में, जहाँ पर घाटी हिमनदों का विस्तार है, सर्वत्र लटकती घाटियों के उदाहरण मिलने चाहिये परन्तु वास्तव में ऐसे उदाहरण सर्वत्र नहीं मिलते हैं। 3 मुख्य घाटी की प्रत्येक सहायक घाटी लटकती घाटी नहीं होती है। 4 लटकती घाटियाँ सामान्य रूप से मूर्ध्व विमुखी ढाल पर मिलती हैं। लटकती घाटियाँ अधिक दृष्टिकोण से अधिक महत्वपूर्ण होती हैं, क्योंकि जब हिम के पिघल जाने पर उनमें जल का समावेश हो जाता है तो जल प्रपातों का निर्माण होता है। इनसे जल विद्युत पैदा की जाती है, जिसका प्रयोग विभिन्न रूपों में किया जाता है।

सर्क या हिमगह्वर (Cirque or Corrie)

पर्वतीय क्षेत्रों में घाटी हिमनद द्वारा उत्पन्न स्थल-रूपों में सर्क सर्वाधिक महत्वपूर्ण होता है तथा यह प्रायः प्रत्येक हिमानीकृत पर्वतीय भाग में मिलता है। सर्क हिमनद की घाटी के शीर्ष भाग पर एक अर्ध-वृत्ताकार या कटोरे के आकार का विज्ञान गहरी गर्त होता है, जिसका पार्श्व वा बिनास चढ़े ढाल वाला (लम्बवत्) होता है। दृष्टान्त पर सर्क अम्पिथेय रमथ (Amphitheatre) के समान मण्डते हैं। सर्क का आकार गहरी सीट

वाली आरामकुर्सी (Arm chair) से मिलता-जुलता है। सर्क प्रायः हिम से भरे रहते हैं। इसी कारण इन्हें 'हिम-गह्वर', 'हिम सागर' या 'हिम गर्त' कहते हैं। परन्तु यह आवश्यक नहीं है कि सर्क सर्वत्र हिम से भरे रहते हैं। हिम के पिघल जाने पर ये सर्क गर्तों के रूप में होते हैं, जिनमें कभी-कभी जल भर जाने से झील का निर्माण हो जाता है। सर्क को विभिन्न स्थानों पर अलग नामों Corrie, Kar (German), Cwm (Welsh), Botnoid Kjedel (Scandinavian) etc से अभिहित किया जाता है। आकार की दृष्टि से सर्क में पचास भिन्नता होती है। यही कारण है कि विभिन्न विद्वानों ने सर्क को अलग-अलग रूपों में वर्गीकृत किया है। उदाहरण के लिये सर्क के निम्न रूप बताये गए हैं—साधारण सर्क (Simple cirques), मिश्र सर्क (compound cirques), सटवते सर्क (Hanging cirques) तथा निवेशन सर्क (Nivation cirque)। भुले हुये या रिक्त सर्क (Empty cirques) में तीन मुख्य भाग होते हैं—1 शीर्ष दीवाल (Head wall)—यह सर्क की बेसिन में ऊपर की ओर लम्बवत् होती है। सर्क की यह तीव्र ढाल वाली दीवाल 2,000 से 3,000 फीट तक ऊँची हो सकती है। इनका आधार पर मतवा, टालस (Talus) आदि का मलयन कदापि नहीं होता है। यहाँ पर टालस (पट्टान-भूगर्भ के ढेर) की अनुपस्थिति से यह प्रमाणित होता है कि सर्क के निर्माण में अवस्था (Weathering) का महत्वपूर्ण हाथ नहीं रहता है, बल्कि इसका निर्माण हिमनद के अपरदन द्वारा ही होता है। सर्क के निर्माण तथा सर्वाधिक विकास के लिये निम्न दशाएँ अधिक उपयुक्त होती हैं। (अ) हिमानीकरण से पहले निर्मित घाटियाँ पास-पास न होकर दूर-दूर होनी चाहिये। इस स्थिति में बड़ते हुये सर्क का प्रतिच्छेदन (Intersection) भीत्र नहीं हो पायेगा। यदि घाटियाँ पास-पास होती हैं तो विकास के समय सर्क ही एक दूसरे में मिल जाते हैं तथा उनका अवसान, पूर्ण विकास के पहले ही हो जाता है। (ब) हिमपात इतना अधिक होना चाहिये कि विस्तृत हिम क्षेत्र (Snow fields) तथा हिमनद का निर्माण हो सके, परन्तु इतना अधिक नहीं होना चाहिये कि उसके मलयन से हिम-ढोपों या हिम चावर (Ice cap) का निर्माण हो जाय। (स) जहाँ पर सर्क का निर्माण होना है, वहाँ को जल समान सरचना वाली हो ताकि सर्क का निर्माण बढाव नति से सम्भव हो सके। 2 सर्क का द्वितीय भाग

उसकी बेसिन के रूप में होता है। यह सर्क की तली को प्रदर्शित करता है। शीर्ष दीवाल के आधार पर बेसिन अधिक गहरी तथा अन्दर की ओर प्रविष्ट रहती है। हिम के पिघल जाने पर सर्क की बेसिन में जल संचित हो जाने पर झील का निर्माण हो जाता है। 3 सर्क नीचे की ओर जहाँ पर समाप्त होता है, उसे सर्क का चोकर (Threshold) कहते हैं।



चित्र 337—सर्क (Cirque) तथा उसके विभिन्न भग।

**सर्क का निर्माण**—यदि सर्क हिमनद द्वारा उत्पन्न सर्वाधिक महत्वपूर्ण स्थलरूप है तो उनकी निर्माण की प्रक्रिया भी सर्वाधिक जटिल तथा विवादास्पद है। सामान्य रूप में यह कहा जाता है कि प्रारम्भ में बाल पर गुबार खोरण (Frost wedging) द्वारा हिमनद की सतह पर छिद्र बन जाता है। गर्मी के समय में हिम के पिघलने से प्राप्त जल इन छिद्रों से होकर नीचे की ओर प्रवेश करता है एवं रात के समय कम तापक्रम के कारण जमकर ठोस होता है तथा फैलता है, जिस कारण छिद्रों में दबाव पड़ता है। परिणामस्वरूप छिद्र टूट-टूट कर बड़े होते जाते हैं। उनके टूटने में प्राप्त अवसाद को हिमनद शीघ्र स्थानान्तरित कर देता है। धीरे-धीरे हिमनद द्वारा ये छिद्र अत्यधिक विस्तृत कर दिये जाते हैं तथा अन्त में पूर्ण विकसित सर्क का निर्माण हो जाता है। इस सामान्य विचारधारा के विपरीत या उससे भिन्नते-जुलते अनेक सिद्धान्तों का प्रतिपादन विभिन्न विद्वानों द्वारा किया गया है। इसमें से जानसन, गारवुड, हान्स, सेविस् तथा बोमन के विचार उल्लेखनीय हैं।

1. गारवुड की परिकल्पना (Hypothesis of Garwood, E. J., 1910)—गारवुड महोदय हिमनद

द्वारा होन वाले अपरदन में विश्वास नहीं करते हैं। इनके अनुसार हिमनद पूर्वनिर्मित स्थलरूपों तथा चट्टानों को रक्षण (Protection) प्रदान करता है। इसी कारण से गारवुड को रक्षणवादी (Protectionist) कहा जाता है। गारवुड के अनुसार हिमनद के पहले उस स्थल में बड़े निमित्त हो जाते हैं। हिमनद इन गड्ढों को हिम द्वारा आगिक रूप में परिवर्तित कर सर्क का निर्माण करता है। वास्तव में हिमनद सर्क के हिम के आवरण द्वारा रक्षा करता है। गारवुड की यह 'रक्षणवादी परिकल्पना' निश्चित रूप में अतिशयोक्ति से जीत-प्रोत है। हिमनद अपरदन का एक सक्रिय माधन होता है। अतः उसकी अपरदनात्मक सामर्थ्य को अस्वीकार नहीं किया जा सकता।

2. जानसन का बर्गश्रुण्ड सिद्धान्त (Bergschrund Theory of Johnson)—जानसन महोदय ने सन् 1904 ई० में सर्क के निर्माण में हिमविबर (Crevasse) को सर्वाधिक महत्व प्रदान किया। हिमविबर के आधार पर अधःखनन (Basal sapping) द्वारा उसका विस्तार होने से बड़े-बड़े विदर को बर्गश्रुण्ड (Bergschrund) कहते हैं। बर्गश्रुण्ड मुख्य रूप से घाटी हिमनद के शीर्ष भाग पर मिलता है। हिम के पिघलने से प्राप्त जल इन बर्गश्रुण्ड के नीचे पहुँच कर रात में ठंडा होकर जमकर ठोस होता है, जिस कारण उसके आयतन में वृद्धि होने से शैल पर दबाव पड़ता है। परिणामस्वरूप शैल टूटने लगती है। हिमनद इन टूटे हुए भागों को आसानी से अलग करके स्थानान्तरित कर देता है। इस क्रिया का बार-बार घटित होते रहने से बर्गश्रुण्ड बड़ा होता जाता है तथा अधःखनन (Basal sapping) के कारण उसका आधार गहरा होता रहता है। अन्त में एक पूर्ण विकसित अर्द्ध वृत्ताकार सर्क का निर्माण हो जाता है। जानसन के इस सिद्धान्त की कटु आलोचना की गई है। इस सिद्धान्त के विपरीत यह बताया जाता है कि यदि वर्तमान समय में किसी भी पूर्ण विकसित बर्गश्रुण्ड की ऊँचाई को ध्यान में रखा जाय तो यह ऊँचाई सर्क की शीर्ष दीवाल (Headwall) से बहुत ही कम होती है। दूसरी आपत्ति यह है कि सर्क का निर्माण बर्गश्रुण्ड के विस्तार के कारण होता है तो अधिकांश हिमनदों में बर्गश्रुण्ड मिलने चाहिये, परन्तु कई हिमनदों में बर्गश्रुण्ड नहीं मिलते हैं। सन् 1916 ई० में बोमन महोदय ने जानसन के इस सिद्धान्त की आलोचना करते हुये बताया कि प्रायः बर्गश्रुण्ड हिमनदों में

बहुत कम मिलते हैं तथा सर्क की शीर्ष दीवाल का आविर्भाव तथा विकास बिना बर्गभूण्ड की स्थिति के हो सकता है। आगे बढ़ते हुए हिमनद के हिम के नीचे हिमनद के अपघर्षण (Abrasion) तथा उत्पाटन (Plucking) द्वारा सर्क की दीवारों का निर्माण आसानी से हो जाता है। सन् 1938-40 में लेविस महोदय (W. V. Levis) न जानसन के सिद्धान्त में सशोधन प्रस्तुत किया। लेविस महोदय के अनुसार सर्क के निर्माण में हिम के पिघलने से प्राप्त जल (Melt water) का सर्वाधिक योगदान होता है। गर्मी के समय धीरे-धीरे हिमनद शोध स्थानान्तरित कर देता है। जब हिमनद की सतह का कुछ हिम पिघलता है तो वह जल ढाल के सहारे नीचे बिसता रहता है। यह जल शैलों की संधियों में पहुँच कर रात में बस ताप के कारण जम कर ठोस होता है जिससे आपतन में वृद्धि के कारण संधियाँ तथा दरारे अधिक बड़ी होन लगती हैं। बार-बार हिम के पिघलने तथा जमने के कारण गिलाये टूट-टूट कर गिरती रहती हैं। ये गिला-खण्ड हिमनद के साथ हो लेते हैं तथा हिमनद की तरफ की घिसकर बिगलन गर्त में परिवर्तित कर देते हैं। इस तरह सर्क के निर्माण के लिये बर्गभूण्ड की स्थिति का होना आवश्यक नहीं है।

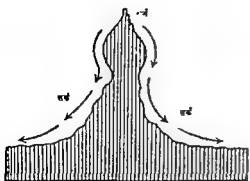
3 **हाम्स की संरचना—**हाम्स (W H Hobbs) ने सन् 1910 ई० में सर्क के विकास के विषय में अपने विचारों का प्रतिपादन किया। उन्होंने बताया कि सर्क विभिन्न आकार वाले होते हैं तथा उनकी विभिन्नताय मुख्य रूप से पर्वतीय हिमानीकरण के चक्र की विभिन्न अवस्थाओं की प्रगति के अनुसार होती है। हाम्स महोदय ने 'हिम अपरदन सिद्धान्त' को अधिक महत्त्व प्रदान किया है तथा सर्क का निर्माण हिमनद के अपरदन द्वारा ही होता है। हाम्स महोदय ने सर्क के निर्माण तथा विकास में चक्रीय अवस्था का उल्लेख किया है। सर्वप्रथम एक ग्याम्सा छिद्र बनता है। इसके बाद जानसन के बर्गभूण्ड सिद्धान्त (Bergschrund theory) के अनुसार अपरदन द्वारा ग्याम्सा भाग बढ़ता जाता है। धीरे-धीरे सर्क की दीवाल पीछे की ओर हटती जाती है तथा अर्द्धवृत्ताकार सर्क का निर्माण होता है। आगे बढ़कर अपरदन के कारण सर्क का रूप अश्वत्थाना हो जाता है। पर्वतीय भाग में इस तरह के अनक छोट-बड़े सर्क का निर्माण होता है, जिनके विकास-चक्र के साथ ही साथ पर्वतीय भाग का अपरदन होता रहता है।

प्रत्येक सर्क का निरन्तर विकास होता है। यदि एक पर्वतीय भाग के दोनों ओर सर्क का निर्माण होता है तो दोनों सर्क विकसित होकर अपनी पीठ को एक दूसरे की ओर बढ़ाते जाते हैं। इस क्रिया के कारण पर्वतीय भाग कट कर नुकीला होता जाता है। जब अधिक अपरदन द्वारा दोनों सर्क पास-पास आ जाते हैं तो एक दूसरे से मिल जाते हैं, जिस कारण दर्रा (Col) का निर्माण होता है। धीरे-धीरे समस्त उच्च भाग कट-पिट कर पतित उच्च भाग (Fretted upland) में परिवर्तित हो जाता है। इस तरह सर्क के विकास का अवसान (जिर्णवस्था) हो जाता है। यद्यपि हाम्स का सिद्धान्त दखने में अधिक आकर्षक लगता है परन्तु प्रचुर प्रमाणों के अभाव में यह सर्वमान्य नहीं हो सका है।

**ढाँ (Tarn)—**सर्क की बेसिन में अधिक हिम के दबाव तथा हिम की अधिक गहराई के कारण चट्टानी तली में अपरदन द्वारा गड्ढे बन जाते हैं। इस तरह सर्क की बेसिन में एक शैल बेसिन (Rock basin) का निर्माण होता है। जब हिम पिघलकर अदृश्य हो जाता है तो इस शैल बेसिन में जल भर जाता है जिससे एक छोटी झील का निर्माण हो जाता है। इस झील को सर्क शैल (Cirque lake) या ढाँ (Tarn) कहते हैं।

**अरत या तीक्ष्ण कटक—(Arete)—**पर्वतीय भागों में जब किसी पहाड़ी के दोनों ओर अर्द्धवृत्ताकार गर्त (सर्क) एक दूसरे की ओर सरकने लगते हैं तो उनके मध्य का भाग अपरदन होकर नुकीला होन लगता है। धीरे-धीरे पूर्ण विकसित चोटी का निर्माण होता है जिसका ऊपरी भाग अत्यधिक नुकीला होता है। इसका आकार कर्षी या आरे (Saw) के दाँतों के समान होता है। इस तरह के नुकीले तीक्ष्ण कटक का अरत या एरैटी कहते हैं। अरत भाग में एरैटी की सिर्रेटी कटक या सिर्रेट कटक (Serrate ridge) बहते हैं। एरैटी का निर्माण प्रायः दो आसन्न सर्क के मध्य होकर पीछे हटने से माना जाता है। हाम्स का सिद्धान्त भी इस विचारधारा का समर्थन प्रदान करता है परन्तु उत्तरिख तथा मांगेन (1937) के अनुसार सर्क अपने स्थान पर स्थिर होते हैं। चाँदियों का पतना तथा नुकीला होना सर्क के पीछे हटने का नहीं बल्कि अपघर्षण (Weathering) की सामान्य प्रक्रिया द्वारा होता है। इस मत का अर्थ भी समर्थन प्राप्त नहीं है।

**हार्न या शिखर (Horn)—**जब किसी पहाड़ी के पायवों पर कई सर्क बन जाते हैं तथा अब निरन्तर अपघर्षण द्वारा वे पीछे हटने लगते हैं तो उनका मिन जान



चित्र 338—हार्न या गिरिभृग (Horn) ।

पर एक पिरामिड के आधार की चोटी का निर्माण हो जाता है। इस तरह की नुकीली चोटी को हार्न या गिरिभृग कहते हैं। स्विट्जरलैण्ड में आल्पस पर्वत पर स्थित मैटर हार्न (Matter Horn) इसका प्रमुख उदाहरण है। जब एक पहाड़ी के दोनो ओर सके विकसित होकर मिल जाते हैं तो एक गड्ढा बन जाता है। इन तरह टीले के चार-पार मार्ग खुल जाता है। इस तरह के मार्ग को कॉल (Col) या हिमानी बर्रा कहते हैं। आल्पस पर्वत में हिमानी द्वारा निर्मित अनेक कॉल मिलते हैं।

**नुनाटक (Nunatak)**—विस्तृत हिमक्षेत्र या हिमनदी के बीच में जैबे उठे टीले, जो कि पारो तरफ से हिम से घिरे होते हैं, नुनाटक कहते हैं। नुनाटक, वास्तव में, हिमक्षेत्र या हिमनदी की विशाल हिमराशि के बीच बिखरे हुए द्वीप के समान लगते हैं। इसी कारण से नुनाटक को हिमाल्तर द्वीप भी कहते हैं। हिमनदी द्वारा क्षैतिज अपरदन (Lateral erosion) के फलस्वरूप तथा तुषार-क्रिया (Frost action) तथा धर्षण द्वारा अपरदित होकर नुनाटक छोटा होता रहता है। अधिक अपरदन के बाद नुनाटक अवशेष शैल-मात्र ही रह जाता है। कभी-कभी धर्षण तथा अपरदन के कारण नुनाटक घिस कर पूर्णतया विलीन हो जाता है।

**शृंग पुच्छ (Crag and Tail)**—जब किसी हिम प्रभावित स्थल भाग में बेसाल्ट या ज्वालामुखी प्लग (Volcanic plug) ऊपर गाढ के रूप में निकला रहता है तो ज़िम ओर से हिमनदी आता है उस ओर प्लग या बेसाल्ट के उठे भाग पर स्थित मुलायम मिट्टी का हिमनदी द्वारा अपरदन हो जाता है तथा ढाल ऊबड़-खाबड़ तथा खड़ा हो जाता है। ढाल से होकर हिमनदी जब बेसाल्ट के उठे भाग या प्लग को पार करके दूसरी ओर उतरने लगता है तो प्लग के साथ सलग्न दूसरी ओर की मुलायम शैल



चित्र 339—शृंग-पुच्छ (Crag and Tail) ।

का कम अपरदन होता है, क्योंकि हिमनदी द्वारा यहाँ पर शैल को संरक्षण प्राप्त होता है। इस कारण दूसरी ओर का ढाल हल्का तथा मन्द हो जाता है। यह हल्का ढाल दूर तक विस्तृत रहता है तथा देखने में बेसाल्ट की शीवा या शृंग के पीछे मलग्न एक लम्बी पूँछ के समान लगता है। इस तरह बेसाल्ट या प्लग वाले ऊँचे भाग को शृंग तथा उसके पीछे वाले भाग को पुच्छ कहते हैं।

**मँड पीठ रौल या रौंग मुटोने (Roche Moutonnée)**—हिमानीकृत क्षेत्रों में कुछ ऐसी हिम अपरदित शिलाएँ होती हैं जो कि दूर से देखने पर ऐसी प्रतीत होती हैं मानो कीमल ऊन वाली भेड़ें बैठी हों। सन् 1804 ई० में डी सातर महोदय ने इस प्रकार के टीलों को रौंग मुटोने नाम प्रदान किया। हिन्दी में इसे मैच शिला या भेड़ पीठ रौल कहते हैं। हिमनदी जब आगे बढ़ता है तो उसके मार्ग में कभी-कभी कठोर चट्टानों के टीले पड़ जाते हैं। ये टीले हिमनदी के मार्ग में अवरोध उत्पन्न करने का प्रयास करते हैं। परन्तु हिमनदी अपने अपघर्षण द्वारा इन टीलों को अपरदित करके अपना मार्ग बना लेता है। इन टीलों पर ज़िम ओर से हिमनदी चढ़ते है उस ओर हिमनदी के अपघर्षण (Abrasion) द्वारा टीले का भाग घषित होकर चिकना तथा हल्के ढाल वाला हो जाता है। परिणामस्वरूप हल्के ढाल के सहारे हिमनदी आसानी से टीले पर चढ़ जाता है। परन्तु दूसरी ओर उतरते समय हिमनदी द्वारा अपरदन कम

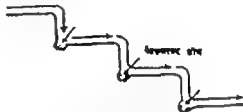


चित्र 340—मँडपीठ शैल या रौंग मुटोने (Roche Moutonnée) ।

होता है। इसका प्रमुख कारण यह है कि उतरती समय हिम तथा गिलाखण्ड का सम्पर्क शील से बहुत ही कम रह जाता है। इस दूसरे ढाल पर उत्पाटन (Plucking) द्वारा खरोचें पड़ जाती हैं तथा ढाल तीव्र किन्तु उच्च-दाब हो जाता है। इस तरह से चट्टानी टीले का हिमनद के सामने बाधा भाग मन्द ढाल बनाना तथा दूसरा ढाल नीच होता है। इस तरह के टीले को मोड़ पीछे शील कहते हैं।

**हिमसोपान (Glacial Stairway)**—पाटी हिमनद र अपरदन द्वारा उत्पन्न स्थलरूपों में सर्क के बाद सर्वाधिक चित्ताकर्षक किन्तु आश्चर्यचकित करने वाला स्थलरूप हिमसोपान (Glacial stairway) होता है। इनके वृद्धाकार के कारण इन सोपानों को दैत्याकार सोपान (Giant stairways or cyclopean stairs) कहते हैं। दृष्टन में ये सोपान इस तरह लगते हैं जैसे कि दैत्यो द्वारा प्रयोग की जाने वाली ये सीढ़ियाँ हैं। इसी कारण में इन्हें दैत्याकार सोपान कहते हैं। प्रत्येक सोपान की लम्बाई कई मीटर से कई किलोमीटर तक होती है। सोपान एक दूसरे में सम्भवतः विलफ द्वारा अलग होता है। इन सोपानों की अलग करन वाला विलफ की ऊँचाई 100 से 1000 फीट तक होती है। हिम-सोपानों की उत्पत्ति कई रूपों में होती है। जब हिमनद के मार्ग में भ्रम (Faults) के कारण (मुख्य रूप से सोपानाकार भ्रम Step Faults) कई बगार (Scarps) बन जाते हैं तो इनमें होकर उतरता हुआ हिमनद सोपानों का निर्माण अपघर्षण (Abrasion) तथा उत्पाटन (plucking) द्वारा करता है। उत्पाटन की क्रिया कगार के पर (Foot) या आधार (Base) के पास होती है जिस कारण वहाँ पर सम्भवतः विलफ बन जाते हैं। हिम-सोपानों का निर्माण हिमनद के मार्ग में स्थित शैलों की मजबूती तथा मजबूत में भिन्नता के कारण भी होता है। यह स्मरणयोग्य है कि हिमनद शैलों पर चरमवर्षात्मक अपघर्षण (Selective erosion—चट्टान शैल की आस्था कोमल शैल का अधिक तथा मात्र अपघटन होता है। करता है। अब यदि हिमनद के मार्ग में विभिन्न अवस्था वाली शैलें होती हैं तो वास्तव में मध्यमा वाली शैल उत्पाटन (Plucking) की क्रिया द्वारा अधिक कट जाती है। इस कारण हिमनद के मार्ग में ढाल प्रवणता (Slope gradient) में भिन्नता हो जाती है। धीरे धीरे अपरदन द्वारा कई सोपानों का निर्माण हो जाता है। हिम-सोपानों

में विलफ के पास मिले गहरे होते हैं। हिम के पिघल जाने पर इन गतों में जल एकत्र हो जाता है तथा छोटी-छोटी झीलों का निर्माण हो जाता है। इन झीलों को पैटरनास्टर झीलें (Paternoster lakes) कहते हैं। सोपानों के साथ ये टीले भी मोड़नुमा होते हैं तथा देखने में ऐसा लगता है कि ये झीलें किसी माना में पिरोई गई हैं।



चित्र 341—हिम-सोपान (Glacial stairway) तथा पैटरनास्टर झील।

### फियोर्ड (Fiords)

उच्च अक्षांशों में जलमग्न हिमानीकृत पाटियों को फियोर्ड कहा जाता है। फियोर्ड एक प्रकार का तट तथा किनारा होता है। फियोर्ड दोनो मोलाओं में मिलने हैं परन्तु ये मुख्य रूप से ग्लेशियर भूमि, अलास्का ब्रिटिश कोलम्बिया नार्वे और प्रोन्सैण्ड मार्श आदि में अधिकता में मिलते हैं। फियोर्ड गहरे जल के सागरीय भाग होते हैं जिनकी दीवारें खड़े ढाल वाली होती हैं तथा इनमें अनेक महापक मटकती पाटियाँ मिलती हैं। फियोर्ड किनारे के पास (थ्रेश की ओर) गहरा जाता है तथा सागर की ओर कुछ दूर जाने पर उधना हो जाता है। इसके बाद सागर तल गहरा हो जाता है। इस तरह फियोर्ड तथा सागर के मध्य में उधना भाग होता है जिसे फियोर्ड का थ्रेशोल्ड (Threshold) कहते हैं। कुछ विद्वानों का अनुमान यह थ्रेशोल्ड वास्तव में जलमग्न जलित हिमनद का ही रूप होता है। यदि किसी कारण से सागर-तल उठना ना हो या जल कि फियोर्ड का थ्रेशोल्ड सागर-तल से उधरा जा जाय तो फियोर्ड का मध्यक सागर में समाप्त हो जायगा तथा फियोर्ड एक मात्र जलपूर्ण दगिन के रूप में हो रहा जायेगी जिस फियोर्ड झील या थ्रेशोल्ड झील कहा जा सकता है। फियोर्ड के निर्माण की प्रक्रिया में कई चरणों द्वारा प्रभावित किया गया है। इस प्रक्रिया में दो चरणों में का उ-पक्ष किया जा रहा है। प्रथम में का मध्यक का कहना है कि हिमनद द्वारा पाटियों का निर्माण

सागर-तल के ऊपर हुआ। तदनंतर इन हिमानीकृत घाटियों का जलमयोजन हो गया जिस कारण फियोर्ड तटों का निर्माण हुआ। द्वितीय मत के अनुसार फियोर्ड का निर्माण सागर-तल से हिमनदियों द्वारा अपरदन के कारण हुआ माना गया है। हिमयुग के समय सागर-तल अत्यन्त नीचा हो गया था। हिमनदों ने पूर्व स्थित जलघाटियों को अपरदन द्वारा अधिक गहरा कर दिया। हिमयुग के बाद सागर-तल के ऊपर उठने के कारण हिमनदों द्वारा निर्मित घाटियों में जल भर जाने से फियोर्ड का निर्माण हो गया। चूंकि ये घाटियाँ पहले से ही (हिम-अपरदन द्वारा) गहरी थीं अतः सागर-तल के ऊपर उठने पर जल से भर जाने पर और अधिक गहरी हो गईं। इन दो मतों के विपरीत विद्वानों का तृतीय वर्ग फियोर्ड के विद्युत्तंत्रिक उत्पत्ति (Tectonic origin) में विश्वास करता है। इस वर्ग के विद्वानों के अनुसार तटीय भाग में भ्रंशन (Faulting) के कारण ग्राबेन (Graben) के जलमय हो जाने के कारण फियोर्ड का निर्माण हुआ है। यद्यपि कुछ फियोर्ड इस तरह निर्मित हो सकते हैं परन्तु इसे फियोर्ड के निर्माण के सामान्य सिद्धान्त के रूप में स्वीकार नहीं किया जा सकता है। इतना तो प्रायः सभी विद्वान (कुछ को छोड़ कर) मानते हैं कि फियोर्ड का निर्माण हिमनद द्वारा हुआ है तथा होता है।

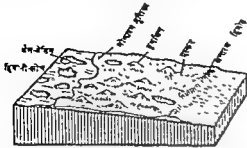
### हिमनद का परिवहन तथा निक्षेपक कार्य (Transportational and Depositional Work of Glaciers)

हिमनद भी, अपरदन के अन्य कारकों (नदी, पावन, सागरीय तरंग आदि) के समान अपरदन द्वारा प्राप्त भूतल का परिवहन विभिन्न रूपों में करता है। जल-सरिता तथा हिमनद द्वारा पदार्थों के परिवहन में कुछ विभिन्नताएँ भी होती हैं। उदाहरण के लिए जल-सरिता में विभिन्न आकार तथा भार वाले पदार्थ विभिन्न भागों में होकर चलते हैं। जैसे, महीन तथा बारीक कण धोल के रूप में, औसत द्रवों के पदार्थ नदी के जल के साथ लटक कर (By suspension) तथा बड़े बड़े टुकड़े नदी की तली में लुढ़क कर चलते हैं। इसके विपरीत हिमनद में सभी प्रकार के पदार्थ हिमनद के हिम के साथ आगे बढ़ते हुए चलते हैं। जन-सरिता की अपेक्षा हिमनद द्वारा अधिक भार वाले टुकड़े ढोये जाते हैं। कभी-कभी तो कई टन के टुकड़े लुढ़क कर हिमनद के साथ चलते हैं। हिमनद द्वारा परिवहन किये जाने वाले पदार्थों में शिलाखण्ड, कंकड़

पत्थर, रेत-कण, मिट्टी आदि सम्मिलित किये जाते हैं। इन पदार्थों को सम्मिलित रूप से हिमोड (Moraines) कहते हैं। इनका कुछ भाग हिमनद के पार्श्व भागों से होकर, कुछ उसकी तली से होकर तथा कुछ उसके अग्र-भाग से होकर स्थानान्तरित होता रहता है। हिमनद के पार्श्वों के सहारे हिमोड प्रायः पक्षिबद्ध रूप में चलता है। आगे बढ़ता हुआ हिमनद अपने अग्रभाग (Snout) द्वारा कुछ पदार्थों को टेल कर आगे बढ़ाता है। हिमनद की सतह के सहारे भी कई छोटे-बड़े टुकड़े (शिलाखण्ड) आगे चलते हैं। दिन के समय छोटे टुकड़े सूर्य की गर्मी के कारण तप जाते हैं जिस कारण उन शिलाखण्डों के नीचे हिम भी तप्त होकर पिघल जाती है। परिणाम-स्वरूप शिलाखण्ड धीरे-धीरे हिम में घँसकते जाते हैं। इस क्रिया के कारण हिमनद की सतह पर गड्ढे बन जाते हैं। इन गड्ढों में दिन के समय हिम के पिघलने से प्राप्त जल भर जाता है। इस तरह से हिमनद की सतह पर बने गड्ढों को 'धूलि-क्षूब' (Dustwell) कहते हैं। रात्रि के समय इन गड्ढों का जल पुनः हिम में परिवर्तित हो जाता है। इस तरह आयतन में विस्तार के कारण गड्ढों में दबाव हो जाती है। परिणामस्वरूप शिलाखण्ड निरन्तर नीचे घँसने जाते हैं तथा गड्ढों की गहराई बढ़ जाती है। हिमनद की सतह पर बड़े-बड़े शिलाखण्ड भी होते हैं। दिन में सूर्य-ताप के कारण इन शिलाखण्डों के आस-पास का हिम पिघल जाता है परन्तु उसके नीचे का हिम इसलिये नहीं पिघल पाता है कि उनके ऊपर बड़े शिलाखण्ड हिमनद की ऊपरी सतह पर हिम के ऊपर टपे रहते हैं। इस प्रकार से टपे हुए शिलाखण्डों को हिमनदीय जलुतरे (Glacial tables) कहते हैं। यह स्मरणीय है कि इनकी स्थितियाँ स्थायी नहीं होती हैं, क्योंकि आस-पास के हिम के पिघल जाने पर ये शिलाखण्ड लुढ़क जाते हैं। हिमनद द्वारा ढोये जाने वाले पदार्थ विभिन्न स्रोतों से प्राप्त होते हैं। महादीपीय हिमनद अपने पदार्थों की प्राप्ति उन स्थानों से करता है जिस पर से होकर वह आगे बढ़ता है। घाटी हिमनद के पदार्थ दो स्रोतों से प्राप्त होते हैं। हिमनद की घाटी से पार्श्व (Sides) तथा तली के अपरदन से तथा हिमनद के ऊपर के अपरदन से तथा हिमनद के ऊपर स्थित ढालों से। इसके अलावा ढालों से हिम-स्खलन (Snow slides) एवासांल, (Avalanche) तथा जल-सरिताओं द्वारा भी हिमनद में पदार्थ नाये जाते हैं। जब हिम पिघल जाता है तो अधिकांश पदार्थ वही पर छूट जाते हैं। इसको निक्षेपण कहते



है। हिमनद द्वारा बारीक तथा मोटे कणों वाले पदार्थों का निक्षेप जग-जगत् न होकर मिश्रित रूप में होता है। यही कारण है कि हिमनद द्वारा जमा किये गए



चित्र 342—हिमानी द्वारा निक्षेप-जनित स्वरूप।

पदार्थों में स्तरीकरण (Stratification) नहीं होता है अर्थात् स्तर (Beds) या परतें (Strata) नहीं मिलती हैं। हिमनद द्वारा जमा किये पदार्थों में हिमड्रिफ्ट (Glacial drift) तथा उससे बने हिमोड (Moraines) अधिक महत्वपूर्ण हैं। हिमानी द्वारा जमा किये गये समस्त तलछट को सम्मिलित रूप से टिल (Till) कहते हैं। टिल में कणों के आकार के अनुसार पदार्थों में वर्गीकरण (Assortment) नहीं होता है। अतः छोटे-बड़े सभी प्रकार के कण एक साथ मिश्रित रूप में निक्षेपित होते हैं। हिम ड्रिफ्ट वास्तव में हिमनद द्वारा निक्षेपित पदार्थ होता है। टिल ड्रिफ्ट का एक रूप होता है।

#### निक्षेप-जनित स्थलाकृति

##### (Topography due to Deposition)

**हिमोड (Moraines)**—हिमनद अपने साथ बारीक कणों वाले पदार्थों में लेकर बड़े-बड़े जलाशयों का परिवहन करता है। इन पदार्थों को जब हिमनद बहाकर नहीं ले जा पाता है तो उनका निक्षेप हो जाता है। हिमनद द्वारा पदार्थों के निक्षेप का हिमोड कहते हैं जिसमें टिल की मात्रा सर्वाधिक होती है। हिमोड का निक्षेप हिमनद के विभिन्न भागों में होता है। हिमोड गोलमट में टिल (Till) के जमाव के स्वरूप होता है, जो कि लगभग 100 फीट या उससे भी ऊँच होता है। हिमोड तल-तलछट बटक के रूप में निक्षेपित होते हैं। हिमोड का वर्गीकरण उनके निक्षेप के स्थान के आधार पर चार प्रकारों में किया जाता है—1. अन्तिम या अन्तस्थ हिमोड, 2. पार्श्विक हिमोड, 3. मध्यवर्ती हिमोड तथा 4. तटीय या तटस्थ हिमोड।

(i) **अन्तिम या अन्तस्थ हिमोड (Terminal Moraines)**—जब हिमनद का अन्तिम भाग पिघल जाता है तो हिमनद का जागे बचना रुक जाता है। यदि हिमनद का जागे बचना तथा हिम का पिघलना समान गति में हो तो हिमनद की गति रुक जाती है। परिणामस्वरूप हिमनद के साथ नाये गये पदार्थ उसके अग्रभाग में एकत्रित हो जाते हैं जिस कारण एक छोड़े की नाल या जम्बू-बन्दानार कटक का निर्माण हो जाता है जिसका हिमनद की घाटी की ओर का ढाल अवतल होता है। इस तरह हिमनद के अग्रभाग पर टिल के निक्षेप में बने स्वरूप को अन्तिम हिमोड या अन्तस्थ या अप्रान्त, य हिमोड (Terminal moraines) कहते हैं। यदि हिमनद क्रमिक रूप से पीछे की ओर हटता जाता है तो एक के बाद एक अन्तस्थ हिमोड का निर्माण होता जाता है। उत्तरी जर्मनी में प्लोस्टोसीन हिमयुग में हिमनद के नियमित रूप में निरन्तर पीछे हटते जाने में अनेक अन्तस्थ हिमोड बटक (Ridges) के रूप में निमित्त हो गये थे, जो कि वर्तमान समय में मनोहारी दृश्य उपस्थित करते हैं। अन्तिम हिमोड के पीछे, जन के एकत्रित हो जाने से जीवों का निर्माण हो जाता है। जब कभी हिमोड टूट जाते हैं तो अधात्मक बाढ़ का सामना करना पड़ता है। उपर्युक्त स्थिति के विपरीत जब हिमनद नियमित रूप में एक ही दिशा में पीछे नहीं हटता है बल्कि कभी आगे बढ़ता है तो कभी पीछे हटता है तो अनियमित अन्तिम हिमोड का निर्माण होता है। इस तरह से निमित्त अनियमित हिमोड के समुदाय को स्टैडियल हिमोड (Stadial moraines) भी कहते हैं। अनियमित अन्तिम हिमोड वाले भागों में अनेक टीले तथा बसिन बन जाते हैं। इस तरह के स्थलाकृतियों वाले भाग को नाब और बेसिन स्थलाकृति (Knob and Basin Topography) वान प्रदेश कहते हैं। बसिन में जन भर जाना भी होते तथा दलदल बन जाते हैं। कभी-कभी हिमोड वाले भागों में हिम के पिघलने के बाद निमित्त जन मण्डलाओं द्वारा अन्तिम हिमोड का अपरदन हो जाता है जिससे वह आत्मिक रूप में नष्ट हो जाता है।

##### (ii) पार्श्विक हिमोड (Lateral moraines) –

हिमनद अधिकांश पदार्थों का परिवहन अग्र भागों या बिनादे के माध्यम करता है। जब या तो हिमनद का हिम पिघल जाता है या हिमनद मुकुचिन होने के कारण

सागर-तल के ऊपर हुआ। तदनंतर इन हिमानीकृत घाटियों का जलमग्न हो गया जिस कारण फियोर्ड तटी का निर्माण हुआ। द्वितीय मत के अनुसार फियोर्ड का निर्माण सागर-तल से हिमनदियों द्वारा अपरदन के कारण हुआ माना गया है। हिमयुग के समय सागर-तल अत्यन्त नीचा हो गया था। हिमनदों ने पूर्वे स्थित जलघाटियों को अपरदन द्वारा अधिक गहरा कर दिया। हिमयुग के बाद सागर-तल के ऊपर उठने के कारण हिमनदों द्वारा निर्मित घाटियों में जल भर जाने से फियोर्ड का निर्माण हो गया। चूंकि ये घाटियाँ पहले से ही (हिम-अपरदन द्वारा) गहरी थी, अतः सागर-तल के ऊपर उठने पर जल से भर जाने पर और अधिक गहरी हो गईं। इन दो मतों के विपरीत विद्वानों का तृतीय वर्ग फियोर्ड के विवर्तनिक उत्पत्ति (Tectonic origin) में विश्वास करता है। इस वर्ग के विद्वानों के अनुसार तटीय भाग में ध्रुवन (Faulting) के कारण ग्राबेन (Graben) के जलमग्न हो जाने के कारण फियोर्ड का निर्माण हुआ है। यद्यपि कुछ फियोर्ड इस तरह निर्मित हो सकते हैं परन्तु इसे फियोर्ड के निर्माण के सामान्य सिद्धान्त के रूप में स्वीकार नहीं किया जा सकता है। इतना तो प्रायः सभी विद्वान (कुछ को छोड़ कर) मानते हैं कि फियोर्ड का निर्माण हिमनद द्वारा हुआ है तथा होता है।

### हिमनद का परिवहन तथा निक्षेपात्मक कार्य (Transportational and Depositional Work of Glaciers)

हिमनद भी, अपरदन के अन्य कारकों (नदी, पावन, सागरीय तरंग आदि) के समान अपरदन द्वारा प्राप्त मलवा का परिवहन विभिन्न रूपों में करता है। जल-सरिता तथा हिमनद द्वारा पदार्थों के परिवहन में कुछ विभिन्नतायें भी होती हैं। उदाहरण के लिए जल-सरिता में विभिन्न आकार तथा भार वाले पदार्थ विभिन्न भागों में होकर चलते हैं। जैसे, महीन तथा भारी कण घोल के रूप में, औसत दर्जे के पदार्थ नदी के जल के साथ लटक कर (By suspension) तथा बड़े बड़े टुकड़े नदी की तली में लुढ़क कर चलते हैं। इसके विपरीत हिमनद में सभी प्रकार के पदार्थ हिमनद के हिम के साथ आगे बढ़ते हुए चलते हैं। जल-सरिता की अपेक्षा हिमनद द्वारा अधिक भार वाले टुकड़े ढोये जाते हैं। कभी-कभी तो कई टन के टुकड़े लुढ़क कर हिमनद के साथ चलते हैं। हिमनद द्वारा परिवहन किये जाने वाले पदार्थों में शिलाखण्ड, कंकड़

पत्थर, रेत-कण, मिट्टी आदि सम्मिलित किये जाते हैं। इन पदार्थों को सम्मिलित रूप से हिमोड (Moraines) कहते हैं। इनका कुछ भाग हिमनद के पार्श्व भागों से होकर, कुछ उसकी तली से होकर तथा कुछ उसके अग्र-भाग से होकर स्थानान्तरित होता रहता है। हिमनद के पार्श्वों के सहारे हिमोड प्रायः पत्तिवद्ध रूप में चलता है। आगे बढ़ता हुआ हिमनद अपने अग्रभाग (Snout) द्वारा कुछ पदार्थों को टेल कर आगे बढ़ाता है। हिमनद की सतह के सहारे भी कई छोटे-बड़े टुकड़े (शिलाखण्ड) आगे चलते हैं। दिन के समय छोटे टुकड़े सूर्य की गर्मी के कारण तप जाते हैं जिस कारण उन शिलाखण्डों के नीचे हिम भी तप्त होकर पिघल जातो है। परिणाम-स्वरूप शिलाखण्ड धीरे-धीरे हिम में घँसकते जाते हैं। इस क्रिया के कारण हिमनद की सतह पर गड्ढे बन जाते हैं। इन गड्ढों में दिन के समय हिम के पिघलने से प्राप्त जल भर जाता है। इस तरह से हिमनद की सतह पर बने गड्ढों को 'गूलि-वेल' (Dustwell) कहते हैं। रात्रि के समय इन गड्ढों का जल पुनः हिम में परिवर्तित हो जाता है। इस तरह आमतन में विस्तार के कारण गड्ढों में दबाव हो जाती है। परिणामस्वरूप शिलाखण्ड निरन्तर नीचे घँसने जाते हैं तथा गड्ढों की गहराई बढ जाती है। हिमनद की सतह पर बड़े-बड़े शिलाखण्ड भी होते हैं। दिन में सूर्य-ताप के कारण इन शिलाखण्डों के आस-पास का हिम पिघल जाता है परन्तु उसके नीचे का हिम दलित्वे नहीं पिघल पाता है कि उनके ऊपर बड़े शिलाखण्ड हिमनद की ऊपरी सतह पर हिम के ऊपर टगे रहते हैं। इस प्रकार से टगे हुए शिलाखण्डों को हिमनदीय खजूर (Glacial tables) कहते हैं। यह स्मरणीय है कि इनकी स्थितियाँ स्थायी नहीं होती हैं, क्योंकि आस-पास के हिम के पिघल जाने पर ये शिलाखण्ड लुढ़क जाते हैं। हिमनद द्वारा ढोये जाने वाले पदार्थ विभिन्न स्रोतों से प्राप्त होते हैं। महाद्वीपीय हिमनद अपने पदार्थों की प्राप्ति उन स्थानों से करता है जिन पर से होकर वह आगे बढ़ता है। घाटी हिमनद के पदार्थ दो स्रोतों से प्राप्त होते हैं। हिमनद की घाटी से पार्श्व (Sides) तथा तली के अपरदन से तथा हिमनद के ऊपर के अपरदन से तथा हिमनद के ऊपर स्थित ढालों से। इसके अलावा ढालों से हिम-स्खलन (Snow slides) एवालाच, (Avalanche) तथा जल-सरिताओं द्वारा भी हिमनद में पदार्थ लाये जाते हैं। जब हिम पिघल जाता है तो अधिकांश पदार्थ वही पर छूट जाते हैं। इसको निक्षेपण कहते

है। हिमनद द्वारा बारीक तथा मोटे कणों वाले पदार्थों का निक्षेप अनग-अलग न होकर मिश्रित रूप में होता है। यही कारण है कि हिमनद द्वारा जमा किये गये



चित्र 342—हिमानी द्वारा निक्षेप-जनित स्थलरूप।

पदार्थों में स्तरीकरण (Stratification) नहीं होता है अर्थात् स्तर (Beds) या परतें (Strata) नहीं मिलती हैं। हिमनद द्वारा जमा किये पदार्थों में हिमद्रिष्ट (Glacial drift) तथा उल्टे बने हिमोड (Moraines) अधिक महत्वपूर्ण हैं। हिमानी द्वारा जमा किये गये समस्त तलछट को सम्मिलित रूप से टिल (Till) कहते हैं। टिल में कणों के आकार के अनुसार पदार्थों में वर्गीकरण (Assortment) नहीं होता है। अतः छोटे-बड़े सभी प्रकार के कण एक साथ मिश्रित रूप में निक्षेपित होते हैं। हिम द्रिष्ट वास्तव में हिमनद द्वारा निक्षेपित पदार्थ होता है। टिल द्रिष्ट का एक रूप होता है।

निक्षेप-जनित स्थलाकृति

(Topography due to Deposition)

**हिमोड (Moraines)**—हिमनद अपने साथ बारीक कणों वाले पदार्थों से लेकर बड़े-बड़े शिलाखण्डों का परिवहन करता है। इन पदार्थों को जब हिमनद बहाकर नहीं ले जा पाता है तो उनका निक्षेप हो जाता है। हिमनद द्वारा पदार्थों के निक्षेप को हिमोड कहते हैं जिसमें टिल की मात्रा सर्वाधिक होती है। हिमोड का निक्षेप हिमनद के विभिन्न भागों में होता है। हिमोड वास्तव में टिल (Till) के जमाव के स्थलरूप होते हैं, जो कि लगभग 100 फीट या उससे भी ऊँचे होते हैं। हिमोड सम्य-सम्ये कटक के रूप में निक्षेपित होते हैं। हिमोड का वर्गीकरण उनके निक्षेप के स्थल के आधार पर चार प्रकारों में किया जाता है—1. अन्तिम या अन्तस्थ हिमोड, 2. पार्श्विक हिमोड, 3. मध्यवर्ती हिमोड तथा 4. तलीय या तलस्थ हिमोड।

(i) **अन्तिम या अन्तस्थ हिमोड (Terminal Moraines)**—जब हिमनद का अन्तिम भाग पिघल जाता है तो हिमनद का आगे बढ़ना रुक जाता है। यदि हिमनद का आगे बढ़ना तथा हिम का पिघलना समान गति से हो तो हिमनद की गति रुक जाती है। परिणामस्वरूप हिमनद के साथ आगे गये पदार्थ उसके अग्रभाग में एकत्रित हो जाते हैं जिस कारण एक घोड़े की नाल या अट्ठचन्द्राकार कटक का निर्माण हो जाता है जिसका हिमनद की घाटी की ओर का ढाल अवतल होता है। इस तरह हिमनद के अग्रभाग पर टिल के निक्षेपण से बने स्थलरूप की अन्तिम हिमोड या अन्तस्थ या अग्रान्त, य हिमोड (Terminal moraines) कहते हैं। यदि हिमनद क्रमिक रूप से पीछे की ओर हटता जाता है तो एक के बाद एक अन्तस्थ हिमोड का निर्माण होता जाता है। उत्तरी जर्मनी में प्लोस्टोसीन हिमयुग में हिमनद के नियमित रूप से निरन्तर पीछे हटते जाने से अनेक अन्तस्थ हिमोड कटक (Ridges) के रूप में निर्मित हो गये थे, जो कि बर्तमान समय में मनोहारी दृश्य उपस्थित करते हैं। अन्तिम हिमोड के पीछे जल के एकत्रित हो जाने से झीलों का निर्माण हो जाता है। जब कभी हिमोड टूट जाते हैं तो अचानक बाढ़ का सामना करना पड़ता है। उपर्युक्त स्थिति के विपरीत जब हिमनद नियमित रूप से एक ही दिशा में पीछे नहीं हटता है, बल्कि कभी आगे बढ़ता है तो कभी पीछे हटता है तो अनियमित अन्तिम हिमोड का निर्माण होता है। इस तरह से निर्मित अनियमित हिमोड के समुदाय को **स्टैडियल हिमोड (Stadial moraines)** भी कहते हैं। अनियमित अन्तिम हिमोड वाले भागों में अनेक टीले तथा बेसिन बन जाती हैं। इस तरह के स्थलरूपों को धाने भाग को "नाब और बेसिन स्थलाकृति" (Knob and Basin Topography) वाले प्रदेश कहते हैं। बेसिन में जल भर जाने से झीलें तथा दमक बन जाते हैं। कभी-कभी हिमोड वाले भागों में हिम के पिघलने के बाद निर्मित जल सरिताओं द्वारा अन्तिम हिमोड का अपरदन हो जाता है, जिससे वह आगिक रूप में नष्ट हो जाता है।

(ii) **पार्श्विक हिमोड (Lateral moraines)**—हिमनद अधिकतर पदार्थों का परिवहन अपने पार्श्वों या किनारों के सहारे करता है। जब या तो हिमनद का हिम पिघल जाता है या हिमनद सकुचित होने के कारण

अपने किनारे से हट जाता है तो टिल किनारे के सहारे छूट जाती है। इस प्रकार हिमनद के किनारों पर टिल का निक्षेप लम्बे किन्तु पतले कटक (Ridge) के रूप में हो जाता है। इन्हें पार्श्विक हिमोढ़ कहते हैं। पार्श्विक हिमोढ़ सकरे, लम्बे तथा खड़े ढाल वाले कटक होते हैं जो कि हिमनद की घाटी की दीवाल के समानान्तर होते हैं। घाटी की ओर का ढाल एकसम तथा निष्कोण (Smooth) होता है। इनकी ऊँचाई सैकड़ों मीटर तक होती है। अलास्का में पार्श्विक हिमोढ़ की ऊँचाई 300 मीटर तक मिलती है। जब पार्श्विक हिमोढ़ अन्तस्थ हिमोढ़ से मिल जाते हैं तो वहाँ छोटे की नाल के समान कटक (Ridges) का निर्माण हो जाता है।

(iii) मध्यस्थ हिमोढ़ (Medial Moraines)—जब दो हिमनद मिलते हैं तो उनके भीतरी पार्श्विक हिमोढ़ परस्पर मिल जाते हैं। इस तरह से निर्मित हिमोढ़ को मध्यवर्ती या मध्यस्थ हिमोढ़ कहते हैं। मध्यस्थ हिमोढ़ की पहचान करना प्रायः कठिन होता है। परन्तु जहाँ पर इनका पूर्णतया विकास हो जाता है, वहाँ पर घाटी के मध्य में उठे हुए कटक के रूप में ये सरलता से पहचान लिये जाते हैं।

(iv) तलीय या तलस्थ हिमोढ़ (Ground Moraines)—हिमनद की तली में होकर भी मलवा आगे चलता है। यह मलवा तली के सहारे प्रसक्तता हुआ चलता है। परिणामस्वरूप तली का अपघर्षण भी करता है जिससे और अधिक पदार्थ प्राप्त होते रहते हैं। जब इनकी मात्रा इतनी अधिक हो जाती है कि हिमनद उनका परिवहन नहीं कर सकता तो अधिकांश पदार्थ हिमनद की तली के साथ चलने वाला मलवा यथास्थान निक्षेपित हो जाता है। वास्तव में हिमनद अवसान के बाद ही उसकी तली का निक्षेप ढेर के रूप में दृष्टि-गोचर होता है। हिमनद की तली या आधार पर एकत्रित हुए टिल को "तलीय या तलस्थ हिमोढ़" कहते हैं। तलस्थ हिमोढ़ में रेत के महीन कणों से लेकर जिला-खण्डों के बड़े-बड़े टुकड़े भी रहते हैं। इन जिलाखण्डों के हिमनद की सतह से तली तक पहुँचने की प्रक्रिया का ऊपर उल्लेख किया जा चुका है। तलस्थ हिमोढ़ की संरचना बिना किसी नियम तथा वृद्धि के होती है। कणों में वर्गीकरण (Assortment) नाममात्र की भी नहीं होता है। छोटे-बड़े कण, सभी एक साथ मिश्रित रूप में मिलते हैं। तलस्थ हिमोढ़ का तल समान तथा ढाल सामान्य होता है, परन्तु स्थान-स्थान पर इसमें छोटे-

छोटे ढेर टीले के रूप (Knoll) में बन जाते हैं जो कि छोटी-छोटी वेधिन द्वारा एक दूसरे से अलग किये जाते हैं। इस तरह की स्थलाकृति को नाब तथा बेसिन स्थलाकृति कहते हैं। संरचना की दृष्टि में तलस्थ तथा पार्श्विक हिमोढ़ में अन्तर नहीं होता है, परन्तु तलस्थ हिमोढ़ पार्श्विक हिमोढ़ की अपेक्षा पतले (कम मोटे) होते हैं तथा उनकी सतह पर उच्चावच कम ऊँचे होते हैं। तलस्थ हिमोढ़ वाले क्षेत्रों में बेसिन में जल के संचयन के कारण छोटी-छोटी असह्य क्षीले बन जाती है।



चित्र 343—मोरैन के विभिन्न प्रकार।

ड्रमलिन (Drumlins)—हिमनद के निक्षेप द्वारा स्वरूपों में ड्रमलिन सर्वाधिक महत्वपूर्ण होता है। ड्रमलिन, गोलाग्र मृत्तिका (Boulder clay) द्वारा निर्मित एक प्रकार के ढेर या टीले होते हैं, इनका आकार उल्टी नौका (Inverted Boat) या कटे हुए उलटे अण्डे के समान होता है। ड्रमलिन का ढाल असमान होता है। हिमनद के मुख के ओर का भाग खड़े ढाल वाला तथा खुरदरा होता है परन्तु दूसरा पार्श्व मन्द ढाल वाला होता है। ड्रमलिन की अधरेखा सामान्य रूप में हिमनद की दिशा के समानान्तर होती है। आकार तथा विस्तार में ड्रमलिन में पर्याप्त अन्तर होता है। इसकी ऊँचाई 6.6 से 40 मीटर तक तथा कभी-कभी 66.6 से 100 मीटर तक होती है। लम्बाई में ड्रमलिन 8 किलोमीटर से 3.2 किलोमीटर तक होते हैं। ड्रमलिन की संरचना मुख्य रूप से गोलाग्र मृत्तिका में हुई रहती है। इनके मध्य में छोटे-छोटे गड्ढे तथा बेसिन पायी जाती हैं। ये निचले भाग प्रायः दलदल के रूप में होते हैं। ड्रमलिन मुख्य रूप से समूह में मिलते हैं। सैकड़ों की संख्या में पाया जाना सामान्य बात है। इसी कारण से ऐसी स्थलाकृति को अण्डे की टोकरी की स्थलाकृति (Basket of egg topography) कहते हैं। उत्तरी आयरलैंड तथा संयुक्त राज्य अमेरिका के वискॉन्सिन तथा पश्चिमी एच मध्य न्यूयार्क और फिनलैंड में इस तरह की स्थलाकृति देखने को मिलती है। दक्षिणी-पूर्वी वискॉन्सिन में ड्रम-

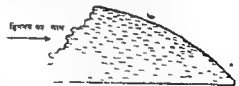
लिन तो 10,000 की मध्या में मिलते हैं। दक्षिणी मिशिगन में भी ड्रमलिन समूह में मिलते हैं। ड्रमलिन वाले क्षेत्र का भौगोलिक महत्व भी अधिक होता है। यहाँ पर प्रवाह-प्रणाली अनियमित तथा अनिश्चित होती है। ड्रमलिन के मध्य में अनेक दलबल तथा जनक्षेत्र मिलते हैं। ड्रमलिन के ढाल तथा ऊपरी भाग में मानव बस्तियों का विकास होता है। कभी-कभी ड्रमलिन इतने अधिक विस्तृत होते हैं कि उनके ऊपर सड़की आदि का भी निर्माण कर लिया जाता है। यहाँ पर ड्रमलिन तथा भेड़ पीठ शैल (Roche moutonnees) में अन्तर स्थापित कर लेना आवश्यक है। निर्माण की प्रक्रिया के अनुसार दोनों स्थलरूपों में पर्याप्त अन्तर होता है। ड्रमलिन का निर्माण हिमनद द्वारा मलवा के निक्षेप तथा उसमें आंशिक परिवर्तन के कारण होता है तथा इसका निर्माण में भाग लेने वाले पदार्थ भ्रमणमय होते हैं। इसके विपरीत भेड़ पीठ शैल (रॉश मुटोने) का निर्माण कठोर तथा स्थायी सरचना वाली शैल के हिमनद द्वारा अपरदन के कारण होता है। जाकार की दृष्टि में ड्रमलिन का हिमनद के मुख की ओर का भाग खड़े ढाल वाला तथा खुरदरा होता है, परन्तु दूसरा ढाल नर्पाई जिस ढाल से होकर हिमनद उतरता है, वह मन्द तथा सम होता है। इसके विपरीत भेड़ पीठ शैल का हिमनद के सामने का ढाल मन्द तथा सम एवं विपरीत ढाल खड़ा तथा खुरदरा होता है।

ड्रमलिन के निर्माण की दृष्टि से विद्वानों में पर्याप्त मतभेद है। अधिकांश विद्वान ड्रमलिन को निक्षेप जनित स्थल-रूप ही बताते हैं परन्तु कुछ विद्वान इसे जन द्वारा अपरदन के कारण निमित्त स्थलरूप मानते हैं। कुछ लोगो का कहना है कि ड्रमलिन का निर्माण हिम के नीचे विशेष दशाओं में होता है तथा कुछ विद्वानों के अनुसार इसका निर्माण प्राचीन झिपट के अपरदन द्वारा होता है। यहाँ पर विभिन्न मतों का सलिलप उल्लेख करना आवश्यक है—

(i) कुछ विद्वानों का कथन है कि ड्रमलिन का निर्माण अन्तस्थ या अग्रान्तरस्थ हिमोड में हिमनद द्वारा परिवर्तन के कारण होता है। जब हिमनद पीछे हटने लगता है तो उसके अग्र भाग में अन्तस्थ हिमोड का निर्माण हो जाता है। हिमनद के धीरे-धीरे पीछे हटने से कई क्रमिक अन्तस्थ हिमोडों का निर्माण हो जाता है। जब किसी भी कारण से हिमनद पुन आगे बढ़ने लगता है तो वह पूर्व निर्मित हिमोड के ऊपर से होकर गुजरता

है। उन क्रिया के दौरान हिमनद हिमोड के सम्मुख वाले भाग के पदार्थों को अपरदित करके उन्हें विमुखी ढाल (Leeward slope) पर बिछाने लगता है। इस कारण हिमोड का हिमनद के सामने वाला ढाल खड़ा हो जाता है तथा हिमनद के आघर्षण के कारण उसमें खरोँचें पड़ जाती हैं। इसके विपरीत विमुखी ढाल पर मलवा के निक्षेप के कारण हल्की तथा समान सतह का आविर्भाव होता है। इस प्रकार ड्रमलिन का सम्मुख वाला पार्श्व तीव्र ढाल तथा विमुखी पार्श्व सामान्य ढाल वाला होता है। ड्रमलिन का यह आकार, राज मुटाने में सर्वथा विपरीत होता है।

(ii) अधिकांश विद्वान यह मानते हैं कि ड्रमलिन का निर्माण हिम के नीचे विशेष परिस्थितियों में होता है। इस मत के समर्थकों का कहना है कि हिमनद के सामने अधिक मलवा हो जाता है तो वह हिमनद के अग्र-भाग (Front) तक पतली हिम चादर होने के कारण नहीं पहुँच पाता है बल्कि विभिन्न कारणों से बीच में ही हिम के नीचे बैठ जाता है, जिससे छोटे-छोटे ढेर का निर्माण होने लगता है। मलवा के ये निक्षेप-जनित ढेर बाद में हिमनद की गति में व्यवधान (Obstacles) उत्पन्न करने लगते हैं, जिस कारण उनके पास और अधिक पदार्थों का संचय होने लगता है। हिम के नीचे मलवा के ढेर के रूप में जमा होने के कई कारण बताये जाते हैं। हिमनद की सतह में स्थान-स्थान पर दरारे



चित्र 344—ड्रमलिन (Drumlin)।

(Crevasses) पड़ जाती हैं। इन दरारों के कारण वहाँ की हिम के हट जाने से दबाव कम हो जाता है, जिस कारण हिमनद की गति मन्द हो जाती है और टिल (Till) का निक्षेप ढेर के रूप में हो जाता है। कभी कभी हिमनद की तली अमानता के कारण अवरोध होने में भी मलवा का निक्षेप ड्रमलिन के रूप में हो जाता है।

(iii) कुछ विद्वानों के अनुसार ड्रमलिन का निर्माण जल अपरदन द्वारा होता है। इस मत में समर्थकों के अनुसार हिमानीकरण के समय गोलाभ्र मृत्तिका (Boulder clay) का निर्माण बड़े पैमाने पर हो जाता है।

हिमयुग के अवसान के बाद सामान्य अपरदन (Normal erosion जल द्वारा) निक्षेपित गोलार्ध वाले भाग में परिवर्तन होने लगता है। जल गोलार्ध के टीलों को अपरदित करके मलवा को दूसरे ढाल पर जमा कर देता है, जिस कारण उसका समुच्च वाला ढाल खड़ा तथा विमुखी ढाल सामान्य होता है। यह मत वर्तमान समय में मान्य नहीं है क्योंकि अन्य स्थानों में, जहाँ पर मृत्तिका वाले भागों में सरिता-अपरदन हुआ है या हो रहा है, ड्रमलिन स्थलरूपों का संयोग अभाव है।

(iv) लेवरेट महोदय (Frank Leverett, 1915) के अनुसार ड्रमलिन का निर्माण हिमनदों द्वारा मलवा के निक्षेप से होता है। ड्रमलिन की संरचना विभिन्न प्रकार के कणों वाले मिश्रित टिल द्वारा होती है। इन्होंने हिमनद द्वारा प्रभावित शैल पहाड़ी (Shale hills) की तुलना ड्रमलिन से की है। वरसेस्टर महोदय (1948) ने लेवरेट के मतों का अनुमोदन करते हुए बताया है कि ड्रमलिन का निर्माण मलवा के निक्षेप द्वारा उस समय होता है जब कि एक गतिशील हिमनद, मलवा से युक्त गतिहीन हिम के ऊपर से गुजरता है। इस तरह बाधा होने के कारण मलवा का जमाव ड्रमलिन के रूप में हो जाता है।

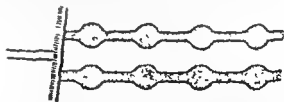
### हिमानी-जलोढ़ निक्षेप तथा स्थलरूप

#### (Glacio-Fluvial Deposits and Landscape)

घाटी हिमनद प्रवाहित होने के बाद जब ऐसे स्थल में पहुँच जाता है, जहाँ पर ताप इतना होता है कि हिम अपने रूप में नहीं रह सकता, तो हिमनद का अग्रभाग पिघलने लगता है। इस क्रिया को हिमनद का अवसान या अग्लेशन (Ablation) कहते हैं। हिम के पिघलने से प्राप्त जल हिम के अग्रभाग (Snout) से जलधारा के रूप में निकल पड़ता है। इनमें कुछ हिम भी हो सकता है। यह जलधारा अपने साथ हिमनद के मलवा को दूर तक परिवहन करती है तथा उसे यथास्थान जमा करती है। इस तरह से हिमनद तथा जल के सम्मिलित रूप से निक्षेपण की क्रिया को हिमानी जलोढ़ (Glacio-fluvial deposit) कहते हैं। इस तरह के निक्षेप द्वारा कई प्रकार के स्थलरूपों का निर्माण होता है, जिन्हें “जल तथा हिमनद द्वारा बने स्थलरूप” कहते हैं। हिमनद के अग्रभाग से निकलने वाली जलधारा मार्ग में पड़ने वाले सामान्य स्थलरूपों (हिमनद द्वारा निर्मित) में परिवर्तन भी करती है। हिमानी जलोढ़-निक्षेप द्वारा बने स्थलरूपों में एस्कर (Eskers), केम (Kame), केम वेदिका

(Kame terrace), हिमनद अपक्षेप (Outwash plain), कटेल (Kettle), तथा जलज गतिका (Kettle holes) अधिक महत्वपूर्ण हैं।

एस्कर (Esker)—हिमानी-जलोढ़-निक्षेप द्वारा निर्मित स्थलरूपों में एस्कर सर्वाधिक महत्वपूर्ण होते हैं। हिम के पिघलने से प्राप्त जलधाराओं द्वारा मलवा के निक्षेपण से निर्मित एस्कर लम्बे, सकरे (कम चौड़े) तथा सपाट-कार (Sinuous लहरदार) कटक (Ridges) होते हैं जिनके किनारे तीव्र ढाल वाले होते हैं। एस्कर की संरचना बजरी (Gravel), रेत (Sand) तथा ककड़-पत्थर द्वारा होती है। एस्कर का निर्माण घाटी में पहाड़ी, दलदल, निचले भाग आदि सभी के ऊपर होता है अर्थात् एस्कर के निर्माण में उच्चावच की असमानता का प्रभाव नहीं होता है। इस तरह कहीं पर एस्कर ढाल के सहारे ऊँचे होते हैं तो कहीं पर नीचे उतरते हैं। एस्कर का विस्तार हिमनद तथा जलधारा की दिशा के समानान्तर होता है। एस्कर प्रायः लगातार अधिक लम्बाई में फैले होते हैं। परन्तु कभी-कभी इनका विस्तार अविकृष्ट रूप में भी होता है। इनकी ऊँचाई 66 6 से 100 मीटर तक होती है तथा लम्बाई कई सौ मीटर से कई किलोमीटर तक होती है। कभी-कभी 32 किलोमीटर की लम्बाई वाले एस्कर भी दृष्टि में मिलते हैं। अनेक स्थानों पर एस्कर वातायता की दृष्टि में अधिक महत्वपूर्ण होते हैं (स्वीडन तथा फिनलैंड में)। चूँकि एस्कर का विस्तार घाटी, दलदल, झील तथा ऊँची-नीची भूमि में एक कटक (Ridge) के रूप में होता है, अतः



चित्र 345—मालाकार एस्कर (Beaded Esker)।

इसके सहारे सड़कों तथा रेलों का निर्माण किया जाता है। वास्तव में एस्कर की स्थिति से मार्ग में बाधा तथा पुल बनाने की आवश्यकता नहीं होती है।

हिमानी द्वारा उत्पन्न अन्य स्थलरूपों के समान ही एस्कर का निर्माण भी सरल तरीके से। इसके निर्माण के विषय में भी कई परिकल्पनाओं (Hypotheses) का प्रतिपादन किया गया है—

1. प्रायः ऐसा विश्वास किया जाता है कि हिमनद के पिघलने के कारण प्राप्त जल द्वारा हिमनद के अग्रभाग (Snout) से जलधारा का विकास होता है। यह जलधारा अपने माघ मलवा का परिवहन करती हुई ऊपरी ढाल से निचले ढाल की ओर प्रवाहित होती है। जब कभी इस जलधारा के मार्ग में अवरोध आ जाता है तो जलधारा की गति रुक जाती है। परिणामस्वरूप घाटी के मध्य में लम्बाई में जलधारा की दिशा के समानान्तर मलवा का निक्षेप हो जाता है तथा एस्कर का निर्माण हो जाता है। 2. इस सामान्य विचारधारा में कुछ परिवर्तन करके कई सिद्धान्तों का प्रतिपादन किया गया है। हिमनद की सतह पर पिघले हुए जल की जलधारा बन जाती है। मलवा का जमाव हिमनद की सतह पर होता है। जब हिम पिघल जाती है तो एस्कर भी नीचे होकर घाटी की नवी में पहुँच कर अपनी वास्तविक स्थिति को प्राप्त होते हैं 3. तीसरे मत के अनुसार हिम के पिघलने से प्राप्त जल हिमनद की सतह के नीचे खोखला मार्ग बना लेता है। इस तरह की हिम की सतह के नीचे मँकरी सतह किन्तु लम्बी जलधारा का विकास हो जाता है। इस जलधारा के मार्ग में अवरोध पड़ने से मलवा का निक्षेप सर्प के आकार में एक लम्बे लहरदार कटक के रूप में हो जाता है। ऊपर के हिम पिघल जाने पर एस्कर दृष्टिगोचर होते हैं। कभी-कभी कुछ अन्तर में एस्कर को मोटाई अधिक हो जाती है। ये चौड़े भाग एस्कर में ऐसे लगते हैं जैसे किसी रस्ते या घागे में ढाने या मजियाँ पिटोई गई हों। इस तरह के एस्कर को मालाकार, एस्कर, या मणिकर एस्कर (Beaded eskers) कहते हैं।

केम (Kame)—हिमनद के अग्रभाग पर हिम के पिघलने के कारण कुछ मलवा का निक्षेप ढेर के में या रूप टीले के रूप में हो जाता है। इस तरह के टीलों को केम कहा जाता है। केम के किनारे तीव्र ढाल वाले होते हैं। केम की रचना रेत तथा बजरी (Gravel) द्वारा होती है। केम मोरन के सदृश होता है परन्तु मोरन में छोटे बड़े सभी प्रकार के पदार्थ होते हैं जबकि केम में रेत तथा बारीक कण वाले पदार्थ (मिट्टी) ही होते हैं। हिमनद के पिघलने पर टिल (Till) के निक्षेप से निर्मित टीलों तथा पहाड़ियों के लिये केम मण्ड का प्रयोग सर्वप्रथम जैमिसन महोदय ने 1874 ई० में किया था परन्तु कुछ महोदय (J. H.

Cook) ने 1946 ई० में इस नामावलि का विरोध किया तथा रेत एवं बजरी (Sand and gravel) से निर्मित टीलों के लिए छिद्र निक्षेप (Perforation deposit) तथा ऊँचे-नीचे भागों (Sag and swell topography) के लिये केम कम्प्लेक्स (Kame complex) नामावलियों का प्रयोग किया। लेखक के विचार में केम की सीध तान कर विस्तृत नहीं करना चाहिये वरन् जैमिसन के अनुसार केम शब्द का प्रयोग हिम के पिघलने में प्राप्त जल द्वारा निक्षेपित टीलों के लिये मुरझात स्थानों चाहिये। केम के निर्माण की समस्या भी कम जटिल नहीं है। सामान्य रूप में यह बताया जा सकता है कि ग्लेशियर के किनारों पर दरारें (Cravasses) का निर्माण हो जाता है। हिम के पिघलने से निर्मित जलधाराएँ इन छिद्रों में मलवा का निक्षेप करती हैं। जब हिम पिघल जाता है तो असमान तथा अनियमित ढेरों तथा टीलों का निर्माण केम के रूप में हो जाता है। जब कई केम आपस में जुट जाते हैं तो केम कटक (Kame ridge) केम हिमोड़ (Kame moraines) तथा केम बेडिकाया (Kame terraces) का निर्माण हो जाता है।

केटिल एवं हम्क (Kettles and Hummocks)—केम के विपरीत केटिल, गर्त (Depressions) होते हैं। हिम के बड़े-बड़े टुकड़ों के पिघल जाने पर केटिल का निर्माण होता है। केटिल के मध्य में कई छोटे-छोटे टीले होते हैं जिन्हें हम्क (Hummock) कहते हैं। इन टीलों का निर्माण प्रायः केम के समान ही होता है। इनकी संरचना प्रायिक तत्त्व हिमोड़ के समान होती है।



चित्र 346—हिमानी द्वारा निक्षेप जनित-स्थलमण्डल केम बेडिका (Kame terrace), एस्कर (Esker) तथा केम (Kame)।

हिमनद अपक्षेप (Outwash)—जब हिमनद का अग्रभाग (Snout) पिघलता है तो उसमें प्राप्त जल सरिता के रूप में बागे बहता है। गन्ने में अन्तिम हिमोड़ (Terminal moraines-अग्रान्तस्थ हिमोड़) की स्थिति के कारण समस्त जल हिमोड़ के पीछे एकत्र हो



चित्र 347—मोरेन, इमलिन तथा अपक्षेप ।

जाता है। जब जल अधिक हो जाता है तो वह हिमोढ़ को पार करके दूसरी ओर उतरता है। इस बार जल किसी धारा (Channel) के रूप में बहता है वरन् विस्तृत रूप में आगे फैलकर चलता है। इस कारण अप्रान्तस्थ हिमोढ़ का कुछ मलबा, हिमोढ़ के सामने बिछा दिया जाता है जिससे एक मैदान का निर्माण होता है। इस मैदान को हिमनद्य अपक्षेप मैदान (Outwash plain) कहते हैं। इस मैदान में मलबा के निक्षेप में वर्गीकरण (Assortment) बड़े कण वाले टुकड़े पहले तथा महीन कण बाद में) पूर्ण रूप से विकसित होता है। जब पिघला हुआ जल, किसी निश्चित धारा से होकर प्रवाहित होता है तो अपक्षेप-मैदान का निर्माण नहीं होता है वरन् उसकी घटना में मलबा के भर जाने से घाटी हिमोढ़ (Valley train) का निर्माण होता है। अपक्षेप मैदान का क्षेत्रीय विस्तार, सतह का ढाल तथा मलबा की गहराई उस घातलीय भाग के स्वभाव पर आधारित होती है, जिसके ऊपर मलबा का निक्षेप होता है। जिस हिमोढ़ से होकर जल आता है, यदि वह अधिक मोटा तथा विस्तृत होता है तो अपक्षेप मैदान में मलबा की गहराई अधिक होती है। प्रति 1.6 किलोमीटर पर 3 मीटर का ढाल होता है।

### हिमानी भ्वाकृतिक चक्र

(Glacial Geomorphologic Cycle)

सामान्य परिचय—अपरदन के कारकों के समान हिमनद द्वारा भी 'अपरदन-चक्र' की व्यवस्था का प्रतिपादन कुछ विद्वानों ने किया है। अर्थात् किसी भी क्षेत्र का हिमनद द्वारा होने वाला अपरदन 'चक्रीय व्यवस्था' के अन्तर्गत सम्पादित होता है। दूसरे शब्दों में अपरदन विभिन्न अवस्थाओं से होकर गुजरता है। अपरदन के सामान्य चक्र (Normal cycle of erosion-नदी द्वारा), कार्टेन चक्र या 'तटीय अपरदन-चक्र' के समान हिमनद

द्वारा अपरदन-चक्र के सिद्धान्त का प्रतिपादन भी प्रकाश नहीं किया जा सका है। जो कुछ भी हिमनदीय अपरदन-चक्र के विषय में विवरण प्रस्तुत किया गया है वह सैद्धान्तिक रूप में कल्पित है, उसका प्रायोगिक रूप सम्भव नहीं है। इसका सर्व प्रमुख कारण यह है कि अधिकतर हिम-अपरदित क्षेत्र या तो दुर्गम स्थानों में हैं या आच्छन्न (Obscured) हैं। हिमनद द्वारा होने वाला अपरदन सागर तल से प्रभावित नहीं होता है, जैसा कि नदी के अपरदन में होता है। अतः हिमनद के अपरदन-चक्र की अन्तिम अवस्था में प्रभावित क्षेत्र को 'सामान्य चक्र' (नदी द्वारा) के पेनीप्लेन के समान सागर-तल के बराबर साने का प्रयास नहीं करना चाहिए। यद्यपि हिमनद की अन्तिम अवस्था में भी पेनीप्लेन की स्थिति आ सकती है, परन्तु इस अवस्था में भी स्थल भाग अधिक ऊँचा हो सकता है। चूँकि घाटी हिमनद, हिम रेखा के ऊपर उच्च पर्वतों पर होते हैं, अतः कुछ विद्वानों का कथन है कि हिमनद के अपरदन की अन्तिम अवस्था की प्राप्ति कठिन है। इसके समाधान के लिए यह सुझाया जा सकता है कि हिमनद अपरदन द्वारा पर्वतीय भाग को काट कर इतना नीचा कर सकता है कि समस्त पर्वतीय भाग (या आंशिक रूप में) का तल या सतह हिम रेखा से नीची हो जाती है। पर्वतीय भाग के प्रारम्भिक उल्कावच चिस कर समप्राय होने लगते हैं। ऐसी अवस्था में जबकि अपरदित भाग हिम रेखा से नीचा हो जाता है, हिम के पिघल जाने पर (अधिक तापक्रम के कारण) हिमनद का अवसान हो जाता है तथा अपरदन का एक थोर (चक्र) समाप्त (या पूर्ण) होता है। यद्यपि हिमनद के 'अपरदन चक्र' के विपरीत कई विद्वानों ने आवाज बुलन्द की है तथापि हिम-अपरदित क्षेत्रों को देखने से स्पष्ट हो जाता है कि हिमनद द्वारा होने वाला अपरदन कुछ मिश्रित अवस्थाओं से होकर गुजरता है। यहाँ पर उल्लेखनीय है कि अगली पक्षियों में अपरदन-चक्र की अवस्थाओं के लक्षणों पर ही प्रकाश डाला जायेगा तथा विभिन्न अवस्थाओं में निमित्त एवं विकसित होने वाले स्थलरूपों के केवल नाम ही लिये जायेंगे, क्योंकि उसका विस्तृत विवरण पहले ही प्रस्तुत किया जा चुका है।

तथापि अपरदन-चक्र का प्रारम्भ उस समय होता है जब कि उच्च पर्वतीय भागों में घाटी हिमनद का आविर्भाव होता है। हिम क्षेत्र से दबाव, मुख्यतः



प्रसार के कारण हिमनदों का आविर्भाव होता है, जो कि विभिन्न गतियों से आगे बढ़ते हैं। प्रारम्भ में हिम, पहले में निमित्त गड्ढों में एकत्रित होता है। हिम अपरदन तथा अपक्षय द्वारा इन गड्ढों का विस्तार होता है, जिससे सर्क (Cirques) का निर्माण होता है। सर्क अर्द्धवृत्ताकार गहरे भाग होते हैं, जिनकी दीवाल खड़े बाल बानी होती है। दीवाल के आधार पर अधिक अपरदन होने से सर्क में गड्ढा बन जाता है। सर्क का विस्तार होता रहता है तथा कई सर्क मिलकर मिश्र या संयुक्त सर्क (Compound cirques) का रूप धारण कर लेते हैं। सर्क के विस्तार के कारण पर्वत-चोटियाँ घिसकर नुकीली होने लगती हैं, जिससे अरेत (Arête) तथा हॉर्न (Horn) का निर्माण होता है। इस अवस्था में मुख्य हिम-पाटियों की अनेक सहायक हिम-पाटियाँ होती हैं परन्तु मटकती घाटियों का निर्माण पूर्णरूप से नहीं हो पाता है।

**प्रोडावस्था**—तरुणावस्था का अन्त तथा प्रोडावस्था का प्रारम्भ उस समय होता है जब कि हिममण्ड अधिक विस्तृत तथा सुव्यवस्थित हो जाते हैं। पर्वतीय भाग की मुख्य हिमनद-पाटियाँ मिलकर बड़े-बड़े ट्रिंक ग्लेशियर्स (Trunk glaciers) में बदल जाती हैं। अपनी विभिन्न विशेषताओं (बाल, हिम की मात्रा, मलबा की मात्रा, तापक्रम आदि) के अनुसार विभिन्न हिमनदों द्वारा अपरदन समान रूप से नहीं होता है। मुख्य हिमनद का अपरदन महायक हिमनद की अपेक्षा अधिक होता है जिस कारण सहायक घाटियों का ल, मुख्य घाटी के ल में ऊँचा रहता है। इस प्रकार लटकती घाटियों का निर्माण होता है। इस अवस्था में हिम का विस्तार तथा सर्क का विकास इतना अधिक हो जाता है कि केवल चोटियों को छोड़कर समस्त भाग हिमाच्छादित रहता है। हिम के ऊपर निकली हुई इन शिला-चोटियों को नुनाटक कहते हैं। हिम क्षेत्र में नुनाटक रॉक-ड्रीप (Rock island) के समान लगे हैं। सर्क की दीवारों की तीव्रता में पीछे हटने लगती है जिस कारण हॉर्न (Horn) और अधिक नुकीले हो लगे हैं। तीक्ष्ण कटक (Arête) का विकास होता है। विभिन्न अवरोध वाली शैली वाले भाग में हिम सीढ़ान (Glacial staircase) या हेल्याकार सीढ़ानों (Giant stairs) का निर्माण होता है। इसने आधार पर निम्न का निर्माण होता है जिसमें जल भरने में पैटर्नस्टर झील (Paternoster lake) का विकास होता है। हिमनद की घाटी तथा सर्क की शीर्ष दीवाल निरन्तर

पीछे हटती जाती हैं। तरुणावस्था में सर्क की शीर्ष दीवाल (Head wall) घाटी शीर्ष दीवाल की अपेक्षा अधिक तेजी में पीछे हटती है। अन्त में दोनों की शीर्ष दीवाल एक दूसरे से मिल जाती हैं। इस स्थिति में सर्क की प्रोडावस्था का अन्त हो जाता है।

**वृद्धावस्था**—जीर्णावस्था के प्रारम्भ होते ही पर्वतीय भाग के ऊँचे भाग घिस कर नीचे हो लगे हैं तथा गहरे भरकर समतल रूप धारण करने लगते हैं। पर्वत-श्रेणियाँ कटकर तथा घिसकर तीक्ष्ण कटक के रूप में बदल जाती हैं। हिमोढ़ का निर्माण विभिन्न रूपों में हो सकता है। टिल का निक्षेप होने से समतल मैदान का निर्माण होता है जिसका ढाल 5° के लगभग होता है। इस अवस्था में पहुँचने पर हिमनद पिघलकर पीछे हटने लगते हैं तथा सर्क की समाप्ति हो जाती है।

**हिमकाल के कारण (Causes of Ice Ages)**

यदि हिमानीकृत स्थलाकृतियों में मुक्त प्रदेश का अध्ययन किया जाय तो स्पष्ट पता चलता है कि हिमानीकरण एक चिचिन्न तथा आकस्मिक घटना नहीं है वरन् व्यवस्थित एवं क्रमबद्ध घटना (Systematic phenomena) है। यदि पृथ्वी के भूगर्भिक इतिहास का अध्ययन किया जाय तो ज्ञात होगा कि हिमानीय युग के पहले से लेकर प्लोस्टोसीन युग तक कई बार हिमावरण का प्रसार तथा निवर्तन (Retreat) हो चुका है। यद्यपि हिमकालों के आगमन की जटिल व्यवस्था को (अर्थात् हिमकालों का आविर्भाव तथा विनाश चक्र के रूप में निश्चित समय पर होता है) मानने में कुछ कठिनाइयाँ अवसर होती हैं परन्तु यह तो स्वीकार किया ही जाता है कि हिमकालों का कई बार आगमन हो चुका है। दो हिमकालों के बीच में एक आन्तराधिक हिमकाल (Interglacial Period) होता है। प्रायः ऐसा विश्वास किया जाता है कि वर्तमान समय में हम लोग अन्तर्हिमकाल (Interglacial Period) में मध्य रह रहे हैं। आज तक तीन मुख्य हिमकालों का विवरण प्राप्त किया जा सका है— 1. कैम्ब्रियन युग पूर्व का हिमकाल (Precambrian Ice Age) 2. प्रेमोकार्बोनेस हिमकाल (Pre-Carboniferous Ice Age) तथा 3. प्लोस्टोसीन (प्रागैतनी) हिमकाल। कुछ विद्वानों का मत है कि हिमकाल निश्चित समय के बाद आने लगते हैं इनके अनुमान प्रत्येक 250 000 000 से 300 000 000 वर्षों के बाद हिमकालों का आगमन होता रहता है। प्रारम्भ के दो हिमकालों में स्थलाकृतिक विद्वानों द्वारा कारणों में वर्तमान समय में प्रायः

नहीं हैं परन्तु प्लोस्टोसीन हिमकाल के अधिकांश लक्षण देखने को मिलते हैं। अब समस्या उठती है कि हिमकालों का आविर्भाव क्यों और कैसे होता है? इस समस्या के निदान के लिए कई विद्वानों ने भूगर्भिक इतिहास में कई बार जलवायु के परिवर्तनों का उल्लेख किया है। जलवायु परिवर्तन से सम्बन्धित अनेक परिकल्पनाओं का प्रतिपादन किया गया है। इसका तो प्रायः सभी विद्वान मानते हैं कि भूगर्भिक इतिहास में जलवायु-चक्र में पर्याप्त परिवर्तन हुए हैं (इसका पूर्णरूपेण उल्लेख "भू-आकृतिक संकल्पनाएँ" के अध्याय में किया जा चुका है) परन्तु किन कारणों से जलवायु में परिवर्तन हुए? इस प्रश्न पर विद्वानों में पर्याप्त मतभेद है। जलवायु-परिवर्तन के झलाया हिमकाल के आविर्भाव के लिए अन्य परिकल्पनाओं का प्रतिपादन किया गया है। हिमकाल के आगमन के लिए इसका तो अवश्य होगा कि हिमकाल के समय तापक्रम अत्यधिक नीचा हो गया होगा, जिस कारण हिम क्षेत्रों का विकास आसानी से सम्भव हुआ होगा। यद्यपि हिमकाल के कारणों की व्याख्या के लिये कई परिकल्पनाओं तथा सिद्धान्तों का प्रतिपादन किया गया है तथापि वर्तमान समय तक कोई भी मत सर्वमान्य नहीं हो सका है। यह कहना अनुचित नहीं होगा कि हिमकाल के कारणों की व्याख्या एक ही आधार पर नहीं की जा सकती। इसके विपरीत कई कारणों को मिला कर हिमकाल की समस्या का निदान करना चाहिए। नीचे कुछ महत्वपूर्ण मतों का उल्लेख किया जा रहा है।

1. स्थलाकृतिक उच्चावच में परिवर्तन (Changes in topographic reliefs)—यदि पृथ्वी के भूगर्भिक इतिहास का अध्ययन किया जाय तो पता लगता है कि पृथ्वी के इतिहास में बड़े पैमाने पर कई पर्वतारोहण (Mountain building) की क्रियाएँ घटित हो चुकी हैं (1. प्रीकैम्ब्रियन पर्वतारोहण, 2. कैलिडोनियन पर्वतारोहण, 3. हर्सीनियन पर्वतारोहण तथा 4. टैशियरी पर्वतारोहण)। इन पर्वतारोहण की घटनाओं के कारण धरातल का कुछ भाग पर्वतों के रूप में ऊपर उठ जाता है। तापक्रम के लम्बवत वितरण के साधारण नियम के अनुसार सागर-तल में ऊपर जाने पर तापक्रम घटता जाता है। इस तरह पर्वतारोहण के फलस्वरूप स्थलीय भाग में उत्थान होता है तथा प्रति 1000 फीट पर 3.6° का तापक्रम घट जाता है। इस आधार पर कुछ विद्वानों का कहना है कि पर्वतारोहण के परिणामस्वरूप ऊँचे उठे पर्वत, हिमरेखा (Snow line) से ऊँचे उठ जाते

हैं। वहाँ पर तापक्रम की कमी के कारण हिम का निर्माण होता है। यह हिम मात्रा तथा आयतन में धीरे-धीरे बढ़ता जाता है जिस कारण विस्तृत हिम-क्षेत्रों का आविर्भाव होता है। इस तरह में निर्मित कई विशाल हिम-क्षेत्रों में गुरुत्व, भार तथा दबाव एवं प्रसार के कारण हिम की चादर का या हिमनद का चारों तरफ फैलाव या प्रसार होता है। फलस्वरूप स्थान का अधिकांश भाग हिमच्छादित हो जाता है एवं हिमकाल का सूत्रपात होता है। यद्यपि यह सिद्धान्त देखने में रोचक लगता है परन्तु इसकी कड़ी आलोचना की गई है। यदि हिमकालों तथा पर्वतारोहण के युगों का अध्ययन किया जाय तो दोनों में महसम्बन्ध (Correlation) स्थापित नहीं किया जा सकता। टैशियरी युग के पर्वतारोहण के विषय में उपर्युक्त सिद्धान्त कुछ हद तक नहीं उतरता है, क्योंकि इस युग में वर्तमान समय के गरीब मोड़दार उच्च पर्वतों (हिमालय, आल्प्स, राकीज, एण्डोज आदि) का निर्माण हुआ था तथा इनके निर्माण के समय से ही हिम का संचयन प्रारम्भ हो गया था। आगे चलकर प्लोस्टोसीन काल में तो हिमकाल का पूर्ण रूपेण पदार्पण हो गया। राकीज पर्वत तथा आल्प्स पर्वत क्रमशः उत्तरी अमेरिका तथा युरोप में हिमचादर के प्रसार के लिये उद्गम स्थल रह चुके हैं। परन्तु यदि पर्वतारोहण के अन्य युगों को देखा जाय तो उपर्युक्त सिद्धान्त निराधार प्रमाणित होता है। उदाहरण के लिये पर्मोकार्बोनिफेरस हिमकाल के समय कोई पर्वतारोहण नहीं हुआ। इसके विपरीत हिमचादर का विस्तार निचले भाग पर हुआ था। इसी तरह कैलीडोनियन तथा हर्सीनियन पर्वतारोहण के समय स्थलभाग के पर्वतों के रूप में ऊपर उठने पर भी हिमकाल का आगमन नहीं हो सका। इस तरह यह निर्णय दिया जा सकता है कि पर्वतारोहण, हिमकाल के लिये एक कारक (Factor) बन सकते हैं न कि एकमात्र कारण।

2. ध्रुवों का स्थान-परिवर्तन (Wandering of Poles)—अनेक विद्वानों ने बताया है कि ध्रुवों की स्थिति में परिवर्तन होता रहता है। उत्तरी तथा दक्षिणी ध्रुव, जहाँ पर वर्तमान समय में हैं, वहाँ पर सदैव नहीं रहे हैं वरन् उनमें पर्याप्त परिवर्तन होता रहता है। ध्रुवों के स्थान में परिवर्तन के कारण जलवायु में भी परिवर्तन होता रहता है। इस तरह जलवायु में परिवर्तन के आधार पर हिमकाल की समस्या का निदान किया जा सकता है। प्लोस्टोसीन हिमकाल की समस्या का स्पष्टीकरण अनेक विद्वानों ने उपर्युक्त आधार पर करने की चेष्टा की

है। इन विद्वानों के अनुसार क्रीटसियस युग के अन्त तक या ईयोसीन युग तक उत्तरी ध्रुव आर्कटिक सागर तक नहीं पहुँच पाया था। इसी तरह दक्षिणी ध्रुव भी उपर्युक्त समय तक अण्टार्क्टिका तक नहीं जा सका था। इस कारण ध्रुवीय क्षेत्रों में कम तापक्रम के कारण हिम क्षेत्रों से हिमचादर का प्रसार दक्षिणीय युग के बाद प्लीस्टोसीन काल में प्रारम्भ हो गया। इस परिकल्पना की भी कटु आलोचना की जाती है क्योंकि ध्रुवों के स्थान-परिवर्तन के विषय में ही विरोध प्रकट किया जाता है। आलोचकों का कहना है कि अब तक किसी ऐसी शक्ति (Force) का पता नहीं लगाया जा सका है जो ध्रुवों के स्थान में परिवर्तन ला सके। यदि ध्रुवों की स्थिति में परिवर्तन को मान भी लिया जाय तो भी यह परिवर्तन इतना नगण्य होगा कि इसके आधार पर हिमकालों का आगमन नहीं हो सकता है। इस तरह यह मत अगम्य है।

**3 महाद्वीपों का विस्थापन (Continental drift)**—इस सिद्धान्त के मन्थकों (मुख्य रूप से वेगनर) तथा प्लेट विवर्तन सिद्धान्त के अनुसार पृथ्वी का ऊपरी भाग (मियाल) निचले आन्तरिक भाग (Sima) पर स्वेच्छा में किसी भी दिशा में भ्रमण करता है। यदि यह मान लिया जाय तो जलवायु सम्बन्धी परिवर्तन एवं हिमकालों की समस्या हल की जा सकती है। वेगनर के अनुसार प्राचीन काल में सभी महाद्वीप एक साथ पेंजिया (Pangaea) के रूप में मिले थे तथा एक ही महासागर पैंथालसा (Panthalasa) द्वारा घिरे थे। दक्षिणी ध्रुव, अफ्रीका के वर्तमान नैटाल के पास था तथा भूमध्य रेखा इग्वैज़ से होकर गुजरती थी। इस स्थिति के कारण हिमचादर का विस्तार दक्षिणी अमेरिका, अफ्रीका, आस्ट्रेलिया, अण्टार्क्टिका तथा दक्षिणी भारत के अधिकांश भागों पर हो गया था। यदि इस सिद्धान्त को मान भी लिया जाय तो इसके आधार पर वेबल कार्बो-निफरस युग के हिमानीकरण को ही समझा जा सकता है। प्लीस्टोसीन हिम-युग को यह सिद्धान्त स्पष्ट नहीं कर सकता है। महाद्वीपों तथा महासागरों के स्थाविरत्व के समर्थकों के अनुसार कोई ऐसी यथेष्ट शक्ति नहीं है जिसके द्वारा महाद्वीपों का विस्थापन हो सके। यद्यपि अधिकांश विद्वान महाद्वीपीय विस्थापन को मानते हैं परन्तु यह सिद्धान्त हिमानीकरण की समस्या का हल नहीं बन सकता है।

**4 कार्बन डाइ-ऑक्साइड परिकल्पना (Carbon dioxide Hypothesis)**—वायुमण्डल में कार्बन डाइ-ऑक्साइड

इस गैस का पर्याप्त महत्त्व होता है। यह गैस पृथ्वी में परावर्तित ताप का कुछ भाग ग्रहण कर लेती है। इस क्रिया के कारण वायु का ताप कम नहीं होने पाता है अर्थात् बढ़ता ही है। यदि वायुमण्डल में कार्बन डाइ-ऑक्साइड की कमी हो जाय तो पृथ्वी से बाहर जाने वाला ताप बिना किसी रोक-टोक के चला जायेगा। परिणामस्वरूप वायु का तापक्रम कम हो जायेगा। दो-तीन चँम्बरलिन के अनुसार यदि वायुमण्डल में इस गैस की मात्रा में वृद्धि हो जाय तो पृथ्वी के ऊपर तापक्रम में पर्याप्त वृद्धि हो जाती है परन्तु इसकी मात्रा में कमी हो जाती है तो तापक्रम तेजी से कम हो जाता है। जब तापक्रम में अत्यधिक कमी हो जाती है तो हिम क्षेत्रों के विस्तार होने में हिम काल का सूत्रपात होता है। कार्बन डाइ-ऑक्साइड गैस की कमी के अनेक कारण बताये गये हैं। उदाहरण के लिए चट्टानों के अत्यधिक अपघटन तथा उनके बाद स्थलखण्ड में उत्थान के कारण वायुमण्डल में कार्बन डाइ-ऑक्साइड गैस की कमी हो जाती है। इस स्थिति के कारण जन-वायु ठंडी हो जाती है तथा हिमकाल प्रारम्भ हो जाता है। जब वायुमण्डल में पुनः यह गैस अधिक मात्रा में आ जाती है तो हिमकाल का समापन हो जाता है एवं अन्तर्हिमकाल (Interglacial period) प्रारम्भ हो जाता है। वायुमण्डल में यह गैस कई रूपों में आ जाती है—महासागरों से वायु में शार्बन डाइ-ऑक्साइड का प्रत्यक्ष रूप से आना। हिमचादर के कारण शैलें टूट जाती हैं, जिस कारण उनके अपघटन में कमी हो जाने से कार्बन डाइ-ऑक्साइड गैस की वृद्धि तथा मागरीय जीवों द्वारा जूने के अधिक उपभोग के कारण यह गैस प्राप्त होती है। कुछ विद्वानों ने इस परिकल्पना के विरोध में बताया है कि कार्बन डाइ-ऑक्साइड गैस का अनुपात में परिवर्तन के कारण तापक्रम इतना कम या अधिक नहीं हो सकता कि हिमकाल तथा अन्तर्हिमकाल का सूत्रपात हो सके। हम्फ्रेय्स (Humphreys) नामक विद्वान के अनुसार वर्तमान समय में वायुमण्डल में उपस्थित कार्बन डाइ-ऑक्साइड गैस की मात्रा में 100 प्रतिशत की वृद्धि या 50 प्रतिशत की कमी होने से पृथ्वी के तापमान पर कोई महत्त्वपूर्ण प्रभाव नहीं पड़ सकता है। अन्य कारणों के साथ यदि कार्बन डाइ-ऑक्साइड गैस की मात्रा में पर्याप्त कमी हो जाय तो ठंडी जलवायु होने के कारण हिमकाल का आविर्भाव हो सकता है।

**ज्वालामुखी-राख परिकल्पना (Volcanic dust Hypothesis)**—वायुमण्डल में धूल की भी मात्रा रहती

है। यह धूल सूर्य से पृथ्वी की ओर जाने वाले ताप को कुछ मात्रा को परावर्तित (Reflect) कर देती है, कुछ का विकिरण कर देती है तथा कुछ ताप को ग्रहण कर लेती है। धूल के कारण सूर्य-ताप के परावर्तित हो जाने में वायु का ताप कम हो जाता है। इसी तरह धूलिकण वर्ण नद्या हिमपात में भी सहायता करके ताप को नीचा कर देते हैं। इस तरह धूलिकणों में आधिक्यता के कारण हिमकाल के लिये सुविधाजनक जलवायु का अविर्भाव हो जाता है। कुछ विद्वानों का कथन है कि ज्वालामुखी विस्फोट के समय अधिक मात्रा में राख वायुमण्डल में परत के रूप में छा जाती है। यह राख सूर्य ताप के पूर्णरूप में पृथ्वी तक पहुँचने में बाधक होती है। परिणामस्वरूप पृथ्वी को बहुत कम सूर्य-ताप प्राप्त हो पाता है। सूर्य द्वारा कम ताप मिलने के कारण पृथ्वी पर ताप कम हो जाता है तथा जलवायु शीतल हो जाने के कारण हिमकाल का अविर्भाव होता है। कई विद्वानों ने पर्मियन तथा प्लीस्टोसीन हिमयुगों के समय ज्वालामुखी विस्फोट के उदाहरण तथा प्रमाण प्रस्तुत किये हैं। यह स्मरणीय है कि एक हिमकाल में भी कई बार हिमचादर का प्रसार तथा कई बार निवर्तन (Retreat) होता है। उदाहरण के लिए प्लीस्टोसीन हिमकाल में बार-बार हिमचादर का प्रसार हुआ था। हिमचादर के प्रसार के दो कालों में एक अन्तर्हिमकाल होता है। कहने का तात्पर्य यह है कि हिमकाल में कई उप-हिमकाल तथा उप-अन्तर्हिमकाल भी होते हैं। यदि ज्वालामुखी विस्फोट को हिमकाल का एक प्रमुख कारण मान लिया जाय तो प्लीस्टोसीन हिमकाल के समय हिमचादर के निवर्तन के विभिन्न समय में ज्वालामुखी विस्फोट की अनुपस्थिति होनी चाहिए तथा हिमचादर के प्रसार के समय विस्फोट बड़े पैमाने पर होना चाहिए। परन्तु इस तरह के प्रमाण अभी तक उपलब्ध नहीं किये जा सके हैं। हिमकाल तथा अन्तर्हिमकाल और ज्वालामुखी विस्फोट के युग में कोई स्पष्ट सम्बन्ध स्थापित नहीं किया जा सका है। इस आधार पर उपर्युक्त परिकल्पना हिमकाल के कारणों की स्पष्ट व्याख्या करने में समर्थ नहीं है। इसे, अन्य कारणों के साथ एक सहायक कारण माना जा सकता है।

6 सागरीय गर्म धाराओं के मार्ग में अवरोध—कुछ विद्वानों के अनुसार सागरीय गर्म धाराओं के मार्ग में जो कि ध्रुवों की ओर अपसर होती है, अवरोध उपस्थित हो जाने से वे ध्रुवों की ओर अधिक दूरी तक नहीं जा

पाती हैं। इस कारण ध्रुवीय क्षेत्रों में ताप गिर जाता है तथा हिमचादर का विस्तार होने लगता है। प्रायः ऐसा विश्वास किया जाता है कि उस समय जब कि अफ्रीका, दक्षिणी अमेरिका, दक्षिणी भारत, स्थल-सेतुओं (Land bridges) द्वारा परस्पर जुड़े थे, गर्म धारायें दक्षिण में नहीं जा सकीं। परिणामस्वरूप अंटार्कटिका में अत्यधिक हिम के संचयन के कारण हिम-चादरों का प्रसार उत्तर की ओर प्रारम्भ हो गया। इस आधार पर अफ्रीका, दक्षिणी अमेरिका, दक्षिणी भारत तथा आस्ट्रेलिया के कार्बोनिफेरस हिमानीकरण (Carboniferous glaciation) की समस्या हल हो जाती है परन्तु अन्य हिमकालों के विषय में जानकारी प्राप्त नहीं हो पाती है।

7. पृथ्वी की अक्ष का घूर्णन (Precession of Earth's Axis)—पृथ्वी अपने अक्ष के साथ एक निश्चित मार्ग में सूर्य की परिक्रमा करती है। ब्रैज्जानिकों ने गणना के आधार पर बताया है कि पृथ्वी अपने मार्ग का अनुसरण पूर्णरूप से नहीं करती है, बल्कि अपने निश्चित मार्ग से कुछ हट कर परिक्रमा करती है। इस कारण यह कभी सूर्य से दूर हो जाती है तो कभी सूर्य के पास रहती है। जब पृथ्वी सूर्य में दूर चली जाती है तो सूर्य से पृथ्वी को मिलने वाला ताप कम हो जाता है। तापक्रम की इस कमी के कारण हिम का विस्तार होता है तथा हिमकाल का भौगणेश होता है। यदि पृथ्वी के अपने मार्ग से हटने की गणना की जाय तो पता चलता है कि यह प्रत्येक 13000 वर्ष बाद अपने वास्तविक मार्ग से विचलित हो जाती है। इस गणना के आधार पर प्रत्येक 13000 वर्ष बाद हिमकाल का सूत्रपात होना चाहिए, परन्तु यह गणना वास्तविकता से परे है क्योंकि इस आधार पर अब तक अनेक हिमकालों का आगमन हो जाना चाहिए था परन्तु अब तक केवल तीन बड़े हिमकालों का ही पता लग पाया है।

सूर्य विकिरण में परिवर्तन (Variation in solar Radiation)—अनेक विद्वानों ने विभिन्न आधारों पर सूर्य से निकलने वाले ताप की मात्रा में परिवर्तन बताया है अर्थात् विकिरण द्वारा सूर्य से जो ताप निकलता है उसकी मात्रा पटती-बढ़ती रहती है। इस विषय में अनेक मत हैं। कुछ विद्वानों के अनुसार सूर्य में धब्बे (Spots) पड़ते रहते हैं। इन धब्बों के कारण सूर्य से निकलने वाले ताप की मात्रा में कमी होती रहती है। जब इन धब्बों

की मात्रा सर्वाधिक होती है तो सौर विकिरण में पर्याप्त कमी आ जाती है। परिणामस्वरूप हिमकाल का आगमन होता है। सूर्य में धब्बे का होना ११ वर्ष के अन्तर पर होता रहता है। इससे विपरीत कुछ विद्वानों ने हजारों वर्षों का अन्तर बताया है। हम्फ्रे (Hampbrey) ने सौर विकिरण में वृद्धि तथा ह्रास का उल्लेख अनोखे ढंग से किया है। इनके अनुसार समय-समय पर सूर्य के वायुमण्डल (Sun's Atmosphere) में धूल की परत इतनी मोटी हो जाती है कि सूर्य से ताप के कम विकिरण के कारण पृथ्वी पर तापक्रम घट जाने से ठंडी जलवायु का आविर्भाव हो जाता है। धीरे-धीरे हिम क्षेत्रों के विकसित हो जाने पर हिमानीकरण (Glaciation) प्रारम्भ हो जाता है। यह स्थिति (धूल की परत का आवरण) अधिक लम्बे काल तक नहीं रहती है। धार्म-शरी सूर्य के वायुमण्डल से धूल की परत छटने लगती है और सौर विकिरण की मात्रा बढ़ने लगती है। परिणामस्वरूप हिमचावर के पिघलने से हिमकाल का अवसान हो जाता है तथा उष्ण जलवायु के आ जाने से अन्तर्हिमकाल (Interglacial period) का आविर्भाव होता है।

कुछ विद्वानों ने बताया है कि सूर्य का अन्तरतम (core-कोर) घटता बढ़ता रहता है। इस कारण सूर्य-विकिरण में लाखों वर्षों के अवकाश के बाद पड़े पैमाने पर अन्तर होता रहता है। ओपिक महोदय के अनुसार लम्बे-लम्बे मध्याह्नकाश के बाद सूर्य का अन्तरतम बढ़ता है। इस क्रिया में सूर्य उस ऊर्जा (Energy) का जिसका कि विकिरण होता है, उपभोग करके अपनी बाहरी परत में प्रसार करता है। इस प्रक्रिया में सूर्य की अधिकांश ऊर्जा का उपभोग हो जाने से सौर विकिरण कम हो जाता है। सौर विकिरण में कमी आ जाने के कारण पृथ्वी का तापक्रम घट जाता है, जिससे हिमकाल (Ice Age) का आगमन होता है। पुनः सूर्य का अन्तरतम सिकुड़ने लगता है, जिससे सौर विकिरण बढ़ जाने से पृथ्वी का तापक्रम बढ़ जाता है। परिणामस्वरूप हिमकाल का अवसान तथा अन्तर्हिमकाल का आविर्भाव होता है।

सिम्पसन की परिकल्पना (Simpson's Hypothesis)—सन् १९३८ ई० में सर जार्ज सिम्पसन ने सौर विकिरण में परिवर्तन से सम्बन्धित एक अनोखी परिकल्पना का प्रतिपादन किया, जिसके अन्तर्गत सौर

विकिरण के परिवर्तन की चक्रीय व्यवस्था का उल्लेख किया गया है अर्थात् सिम्पसन के अनुसार सूर्य से विकिरण द्वारा निकलने वाले ताप की मात्रा में वृद्धि तथा ह्रास एक निश्चित समय के बाद क्रमानुसार होता रहता है। सिम्पसन ने अपनी इस परिकल्पना द्वारा प्लीस्टोसीन हिमानीकरण की व्याख्या करने का मफल प्रयास किया है। परन्तु हिमकालों की समस्या का निदान इन परिकल्पनाओं के द्वारा नहीं हो पाता है। सिम्पसन की परिकल्पना के अनुसार जल और विकिरण धीरे-धीरे बढ़ने लगता है। परिणामस्वरूप वायुमण्डल पवन-संचार, वाष्पीकरण तथा बादलों में वृद्धि होती है। इन कारणों से सूर्य की कुछ ऊष्मा (Heat) पृथ्वी तक नहीं आ पाती है। अयनवर्तीय प्रदेशों (Tropics) में अधिक सौर विकिरण के फलस्वरूप वर्षा अधिक होती है परन्तु ध्रुवों के पास हिम-पात अधिक होने लगता है। इस कारण उच्च अक्षांशों तथा अन्य पर्वतीय भागों पर हिमनदों का सूतपात होता है। परिणामस्वरूप हिमकाल का आगमन होता है। जैसे जैसे सौर विकिरण बढ़ता जाता है, वैसे-वैसे ताप की अधिकता के कारण उच्च अक्षांशों में वर्षा (precipitation), जलवर्षा (Rain) के रूप में होने लगती है, अधिक वाष्पीकरण के कारण हिम का पिघलना प्रारम्भ हो जाता है, हिम का संचय कम होने लगता है तब हिमकाल का अवसान हो जाता है और अधिकतम सौर विकिरण के समय एक 'उष्णार्ध अन्तर्हिमकाल' (Warm and wet interglacial period) आ जाता है। इसके बाद से सौर विकिरण घटने लगता है तो पुनः द्वितीय हिमकाल का आविर्भाव होता है। न्यूनतम सौर विकिरण के समय एक लम्बा नीतल तथा शुष्क अन्तर्हिमकाल आ जाता है। इस तरह सौर विकिरण के दो पूर्ण चक्र द्वारा प्लीस्टोसीन हिमकाल के समय हिमचावर के चार बार प्रसार (ग्लेशियेशन, मिग्लेशियेशन तथा वार्म-यूरोप) तथा तीन अन्तर्हिमकालों की स्पष्ट व्याख्या हो जाती है। पश्चिम तथा प्लीस्टोसीन युगों के मध्य एक लम्बे मध्याह्नकाश का स्पष्टीकरण यह परिकल्पना नहीं कर पाती है।

सारांश—हिमकालों के आगमन तथा अवसान के विषय में ऊपर कई विद्वानों तथा परिकल्पनाओं की व्याख्या प्रस्तुत की गई है परन्तु इन पक्षियों के लिये समय भी लेखक यही आभास कर रहा है कि उसकी नेखनी इतना लिखने पर भी उसी स्थान पर पहुँच गयी है,

जहाँ से वह प्रारम्भ हुई थी, अर्थात् हिमकालों के आगमन के किसी भी ऐसे कारण का प्रतिपादन नहीं किया जा सका जो कि एकाकी रूप में समस्या का निदान कर सके। यदि कोई परिकल्पना प्लीस्टोसीन हिमकाल के कारणों का जल्लेख करती है तो वह अन्य पिछले हिमकालों की समस्या का स्पष्टीकरण नहीं कर पाती है। लेखक के अनुसार ऐसी वृहद समस्याओं का हल एक ही कारण द्वारा ढूँढना विडम्बना मात्र है। कई कारणों के आकस्मिक रूप में मिल जाने से हिमकालों का आविर्भाव हो सकता है। ग्लेशियर विभाग के प्रोफेसर पिट्टेन्ट ने भी ऐसी ही सम्भावना व्यक्त की है। पिट्टेन्ट का बयान है कि जिस समय सूर्य में पृथ्वी न्यूनतम ताप (ऊष्मा Heat) ग्रहण करती है, उस समय यदि महाद्वीपों के विभिन्न भागों की ऊँचाई भी अधिक हो जाय तो विस्तृत हिम-क्षेत्र का कारण हिमकाल का आविर्भाव हो जाता है। अन्त में यही कहा जा सकता है कि जब तक हिमकाल के कारणों का वैज्ञानिक पद्धति से हल नहीं निकाला जाता तब तक उपर्युक्त परिकल्पनाओं तथा सिद्धान्तों में उल्लिखित एक से अधिक कारणों द्वारा हिमकाल का आगमन सम्भवना चाहिए।

### प्लीस्टोसीन हिमकाल तथा हिमानीकरण (Pleistocene Ice Age and Glaciation)

**सामान्य परिचय**—नवीनतम हिमकाल, प्लीस्टोसीन हिमकाल माना जाता है, जिस समय उत्तरी अमेरिका का लगभग आधा भाग, समस्त उत्तरी यूरोप महाद्वीप, ग्रीनलैंड, अण्टार्क्टिका, पैटागोनिया का अधिकांश भाग और सायबेरिया का अधिकतर भाग हिमचादर से आच्छादित था। यह स्मरणीय है कि प्लीस्टोसीन काल, जो कि आज से लगभग 10,00,000 वर्ष पहले प्रारम्भ हुआ था तथा लगभग 10,00,000 वर्ष तक रहा, के समस्त चरणों में उपर्युक्त स्थलभाग तथा सागरीय भाग मर्द्व हिमचादर के नीचे नहीं थे, वरन् कई बार हिमा-वरण का विस्तार (प्रसार) हुआ तथा कई बार निवर्तन (Retreat)। प्रायः यह अनुमान लगाया जाता है कि प्लीस्टोसीन हिमकाल में समस्त भूपटल का 1/5 भाग हिमचादर से प्रभावित था। यद्यपि प्लीस्टोसीन काल के बाद हिमचादर का प्रायः लोप हो गया है परन्तु हिमा-च्छादित सभी भागों में आज तक हिमचादर का पूर्णतया निवर्तन नहीं हो सका है। यह विश्वास किया जाता है

कि अण्टार्क्टिका का 50,00,000 वर्गमील तथा ग्रीनलैंड का 60,00,000 वर्गमील क्षेत्र अब भी हिमाच्छादित है। प्लीस्टोसीन हिमकाल की पूर्ण अवधि तथा उसके निवर्तन के समय के विषय में पर्याप्त मतभेद है। सामान्य रूप में यह विश्वास किया जाता है कि प्लीस्टोसीन हिमकाल का प्रभाव लगभग 10,00,000 वर्ष तक था तथा प्लीस्टोसीन हिमचादर का अन्तिम निवर्तन (Retreat) आज से लगभग 25,000 वर्ष पूर्व प्रारम्भ हो गया था। हिमचादर का निवर्तन 16000 वर्ष तक चलता रहा तथा आज से लगभग 9000 वर्ष पहले अन्तिम हिमचादर का पूर्णतया निवर्तन हो गया था। प्लीस्टोसीन हिमकाल के बाद होलोसीन (Holocene) काल प्रारम्भ हुआ। यह एक अन्तर्हिमकाल है। वर्तमान समय में हम लोग होलोसीन काल या पोस्टप्लीस्टोसीन काल में रह रहे हैं। यद्यपि अधिकांश विद्वान होलोसीन काल को अन्तर्हिमकाल (Interglacial period) मानते हैं परन्तु यह निश्चित रूप से नहीं कहा जा सकता कि वर्तमान समय के बाद जलवायु उष्ण होगी या शीतल।

**प्लीस्टोसीन हिमकाल का अवस्थाप्य या चरण (Stages of Pleistocene Ice Age)**—प्लीस्टोसीन हिमकाल में कई बार हिमचादर का प्रसार (Advancement of ice-sheet) हुआ तथा कई बार निवर्तन (Retreat) जिस समय हिमचादर का प्रसार होता है उस काल को 'हिमकाल की अवस्था' (Glacial stage) कहते हैं तथा दो हिमकाल की अवस्थाओं के उस समय को जब कि हिमचादर पिघलकर लुप्त हो जाती है, 'अन्तर्हिमकाल की अवस्था' (Interglacial stage) कहते हैं। कई हिमकाल की अवस्थाओं तथा अन्तर्हिमकाल की अवस्थाओं के सम्मिलित समय या काल को हिमकाल (Ice Age) कहते हैं। क्वाटरनरी युग (Quaternary Epoch) के अन्तर्गत प्लीस्टोसीन तथा होलोसीन काल आते हैं। चूंकि अभी तक प्लीस्टोसीन हिमकाल के अन्तिम रूप का निर्धारण नहीं हो सका है (अर्थात् यह निश्चित नहीं हो पाया है कि वर्तमान समय के बाद हमें जलवायु आयेगी या शीतल), अतः वर्तमान समय को एक अन्तर्हिमकाल ही माना जाता है। इसी कारण से प्लीस्टोसीन हिमकाल और वर्तमान अन्तर्हिमकाल को सम्मिलित रूप से क्वाटरनरी हिमकाल (Quaternary Ice Age) कहा

जाता है। उत्तरी अमेरिका, ब्रिटेन तथा उत्तरी यूरोप में अन्तिम हिमोद (Terminal moraines) गोनाश्म मृत्तिका (Boulder clays) के जमाव तथा हिम अपक्षेप बजरी (Out wash gravel) के आधार पर हिमचादर के चार बार प्रसार तथा चार बार निवर्तन के प्रमाण मिले हैं। पेन्क तथा शुक्नर ने यूरोप महाद्वीप में हिमचादर के चार क्रमिक प्रसार का उल्लेख किया है। इनके नाम हैं—गुंज (Gunz), मिण्डेल (Mindel) रिस (Riss) तथा बर्म (Wurm)। इन चार हिमकालों की अवस्थाओं के मध्य चार अन्तर्हिमकाल की अवस्थाओं का भी उल्लेख किया गया है। उत्तरी अमेरिका में भी हिमचादर के चार क्रमिक प्रसार के प्रमाण मिले हैं—1 नेब्रास्कन (Nebraskan) 2 कन्सान (Kansan), 3. इल्लिनोयन (Illinois) तथा 4 विसकांसिन (Wisconsin)। ये चार हिमकाल नार अन्तर्हिमकालों (Interglacial periods) द्वारा अलग किये जाते हैं—1 अफोनियन (Aftonian), 2 यारमाउथ (Yarmouth), 3. सगमन (Sangman) तथा 4 पोस्ट हिमकाल (Postglacial Period)।

#### प्लीस्टोसीन हिमानीकरण का स्थलाकृति पर प्रभाव (Effect of Pleistocene Glaciation on Topography)

प्लीस्टोसीन युग के विभिन्न समय में स्थल का अधिकांश भाग हिमचादर द्वारा आच्छादित हुआ था। परिणाम स्वरूप हिमनद के अपरदन तथा निक्षेप द्वारा कई नय-नये स्थलरूपों का विकास हुआ, पूर्व निमित्त स्थलरूपों में परिवर्तन तथा सुधार हुए, समुद्र-तल में महान परिवर्तन हुए, स्थल भागों में अवतलन (Subsidence) तथा उत्थान हुए तथा सागरीय जीव भी पर्याप्त रूप में प्रभावित हुए। वास्तव में प्रत्यक्ष तथा अप्रत्यक्ष रूप में प्लीस्टोसीन हिमानीकरण ने भूपटल के अधिकांश भागों में वहा की स्थलाकृति को नूतन तथा अन्तिम रूप प्रदान किया है। इस आधार पर यह कहा जा सकता है कि प्लीस्टोसीन हिमकाल में भूगर्भिक तथा जलवायु सम्बन्धी परिवर्तनों प्रभाव के अध्ययन के बिना वर्तमान स्थलाकृति को स्पष्ट व्याख्या प्रस्तुत नहीं की जा सकती है।<sup>1</sup> यद्यपि हिमानीकरण का प्रत्यक्ष प्रभाव 1,20,00,000

वर्गमील क्षेत्र पर ही था परन्तु अप्रत्यक्ष रूप से पवन आदि द्वारा हिमानीकरण द्वारा उत्पन्न पदार्थों का निक्षेपण हिमानीकरण से अप्रभावित दूरस्थ प्रदेशों तक हुआ है। प्लीस्टोसीन हिमकाल के समय जलवायु सम्बन्धी परिवर्तनों का प्रभाव पूरे विश्व पर व्यापक रूप में पड़ा था, यद्यपि मध्य अक्षांशों में जलवायु का प्रभाव सर्वाधिक था। वर्तमान समय के शीतोष्ण जलवायु वाले कितने प्रदेश प्लीस्टोसीन युग में स्थायी हिमचादर से आच्छादित थे। उत्तरी अमेरिका तथा युरेशिया में उप-ध्रुवीय भाग इसके माझात प्रमाण हैं। अगली पक्तियों में प्लीस्टोसीन हिमानीकरण के विभिन्न प्रभावों का संक्षिप्त उल्लेख किया जा रहा है—

1 सागर-तल में उतार-चढ़ाव (Fluctuation in Sea-level)—अनेक उदाहरणों तथा प्रमाणों के आधार पर अब यह सिद्ध हो गया है कि प्लीस्टोसीन युग में भूपटल के विभिन्न स्थानों में हिमकाल (Glacial periods) तथा अन्तर्हिमकाल (Inter-glacial periods) समकालीन (Contemporary) थे। इस कारण प्लीस्टोसीन हिमानीकरण का प्रभाव भी व्यापक माना जाता है। इसका सर्वाधिक प्रभाव स्थल तथा सागर-तलों पर हुआ। अर्थात् सापेक्ष तलों में पर्याप्त अन्तर हुए हैं। हिमकाल के समय स्थलीय भागों पर हिमचादर के आच्छादन के कारण, यद्यपि स्थलभाग पर भार के कारण उसका कुछ अवतलन होता है, सागर-तल में पर्याप्त गिरावट (Fall) इसलिए हो जाती है कि सागर का अधिकांश जल हिम के रूप में स्थलभागों पर हिमचादर के रूप में छल जाता है। इसी तरह जब हिमचादर पिघलने लगती है तथा जब हिमकाल का अवनसान होने लगता है तो हिमचादर के पिघलने से प्राप्त जल सागरो में चला जाता है जिससे सागर-तल पुन ऊपर उठने लगता है। चूंकि समस्त हिमचादर पूर्णतया नहीं पिघल पाती है जब हिमकाल के बाद अन्तर्हिमकाल का सागर तल, हिमकाल से पहले के सागर-तल के बराबर नहीं हो पाता है, बल्कि कुछ नीचा ही रह जाता है। प्रायः यह अनुमान किया जाता है कि यदि वर्तमान समय में ग्रीनलैण्ड तथा अण्टार्क्टिका की हिमचादर पूर्णतया पिघल जाय तथा उसका जल सागर में

1. 'No proper interpretation of present day topography can be made unless the influences of geologic and climatic changes during the pleistocene period are properly studied'

लोट जाय तो वर्तमान सागर-तल मे 150 से 200 फीट की वृद्धि हो जायेगी। इस गणना के आधार पर यह विश्वास किया जाता है कि अधिकतम हिमाच्छादन के समय, जब कि 1,20,00,000 वर्गमील क्षेत्र पर 3600 फीट मोटी हिमचादर का आवरण व्याप्त था, सागर तल मे 300 से 350 फीट की गिरावट (Fall) हुई होगी। सागर-तल मे गिरावट के कारण सागरीय भागों के विभिन्न स्वरूपों पर अत्यधिक प्रभाव होता है। सागर-तल के नीचा हो जाने पर सागरीय नहरों के अपरदन द्वारा तरंग अपरवित प्लेटफार्म (Wavecut Platform) का निर्माण कर दिया था। इस तरह के स्थलरूपों के प्रमाण अनेक स्थानों पर पाये गये हैं। हिमकाल के अवसान के बाद जब सागर-तल मे चढ़ाव या वृद्धि (Rise) हुई तो ये तरङ्ग अपरवित प्लेटफार्म जलमग्न (Submerged) हो गये। अनेक विद्वानों ने कई प्रमाणों के आधार पर इस निष्कर्ष का प्रतिपादन किया है कि प्लोस्टोसीन हिमकाल मे प्रत्येक बार जब कि हिमचादर पिघल जाती थी, सागर-तल अपने पहले वाले तल को प्राप्त नहीं कर पाता था। अर्थात् हिम के पिघलने पर भी सागर-तल प्रारम्भिक तल के बराबर नहीं हो पाता था। प्लोस्टोसीन हिमानीकरण, तथा सागर-तल मे क्रमिक उतार-चढ़ाव (fall-rise) का प्रभाव प्रवाल-पालिप (Coral polyps) पर भी कम महत्वपूर्ण नहीं था। हिमानीकरण के समय अधिकांश प्रवाल-पालिप मर गये थे तथा जब हिमचादर पिघल गई तो बचे हुए प्रवाल-पालिप तरङ्ग-कृत प्लेटफार्म पर प्रवाल भित्ति (Coral reefs) का निर्माण करना प्रारम्भ कर दिया। सागर-तल मे गिरावट या उतार (fall) को ध्यान मे रखकर प्रसिद्ध विद्वान डेसी ने कोरल रीफ (प्रवाल-भित्ति) के निर्माण से सम्बन्धित 'हिमानीनियंत्रण सिद्धान्त' (Glacial control Theory) का प्रतिपादन किया है।

2. हिम के आकर्षण द्वारा सागर-तल मे परिवर्तन—यह सामान्य नियम है कि सागरीय तटों पर स्थित उच्च पर्वतीय भाग सागर-तल को आकर्षण शक्ति के कारण कुछ ऊपर उठा देते हैं। उदाहरण के लिए चिली तथा अर्जेन्टाइना लगभग समान अक्षांशीय विस्तार वाले हैं। चिली के तट पर एण्डोज पर्वत की स्थिति के कारण वहाँ के सागर-तल अर्जेन्टाइना-तट के सागर-तल की अपेक्षा ऊँचा है। इससे यह प्रमाणित होता है कि उच्च भाग जल तल को प्रभावित करता है। इस सामान्य नियम के आधार पर प्लोस्टोसीन हिमकाल मे हिमाच्छादन उत्तरी गोलार्द्ध

मे सर्वाधिक था। परिणामस्वरूप उत्तरी गोलार्द्ध के महाद्वीपों के उत्तरी भाग हिमावरण से अधिक ऊँचे हो गये थे। इस स्थिति के कारण दक्षिणी गोलार्द्ध का सागरीय जल उत्तरी गोलार्द्ध की ओर आकर्षित हुआ। फलस्वरूप दक्षिणी गोलार्द्ध के सागर तल मे उत्तरी गोलार्द्ध की अपेक्षा 15 से 30 फीट की गिरावट हो गई थी।

3. स्थलभाग में अवतलन तथा उत्थान (Subsidence and upliftment of land)—प्लोस्टोसीन हिमकाल के स्थलीय भागों पर हिमावरण के कारण भार अधिक होने से स्थलीय भाग का घँसाव/अवतलन (Subsidence) होने लगा। जब हिमचादर पिघल गई तो स्थल भाग मे उत्थान होने लगा अर्थात् प्लोस्टोसीन हिमानीकरण के समय प्रभावित क्षेत्रों मे सतुलन मे व्यवधान (Disturbance in isostasy) उपस्थित हो गया था। इस तथ्य के अनेक प्रमाण उत्तरी अमेरिका तथा उत्तरी यूरोप से प्रस्तुत किये जा सकते हैं। हिमानीकरण के समय हिमाच्छादन के कारण स्थलभाग मे अवतलन तथा हिम के पिघल जाने पर पुनर्उत्थान (Re-elevation) की वास्तविक मात्रा का पता लगाना अत्यन्त कठिन है। परन्तु कई विद्वानों ने गणना के आधार पर बताया है कि हिमकाल के समय सुपीरियर झील के आस-पास 1500 फीट का अवतलन हो गया था तथा हिमचादर के पिघल जाने पर पुनः 1500 फीट तक स्थल भाग मे ऊपर उठकर अपने प्रारम्भिक तल को प्राप्त कर लिया। यह स्मरणीय है कि हिमाच्छादित भागों की सीमाओं पर भी अवतलन हुआ था, परन्तु इसकी मात्रा बहुत कम थी। यह स्मरणीय है कि अवतलन या उत्थान की गति अत्यन्त मन्द थी। यह क्रिया एक लम्बे समय मे घटित हुई थी। इन्हे आकस्मिक क्रिया नहीं मानना चाहिए। ग्रेट लेक्स क्षेत्र (Great Lakes Region) के पूर्वी भाग मे भी हिमचादर के कारण स्थलभाग मे अवतलन के प्रमाण मिले हैं। प्लोस्टोसीन युग के अन्त मे हिमचादर के कारण ग्रेट लेक्स के पूर्वी भाग मे अवतलन हो जाने से सागरीय भुजा (An arm of sea) का विस्तार सेन्ट लारेन्स की घाटी से लेकर ओण्टारियो झील तक हो गया। चैम्पलेन झील (Champlain Lake) भी इस सागर के अन्तर्गत हो गयी थी। वास्तव मे सागर का यह विस्तार लेब्राडोर हिमचादर के भार के कारण स्थलभाग मे अवतलन के कारण ही हुआ था। जाने बचकर हिमचादर पिघल गई तो स्थल भाग धीरे-धीरे ऊपर उठने लगा, जिस कारण नवनिर्मित सागर पीछे



हटने लगा तथा वर्तमान प्रवाह प्रणाली (Drainage pattern) का विकास हुआ। प्लीस्टोसीन हिमकाल के समय स्थलीय भागों के अवतलन तथा उत्थान के प्रमाण ऊँचाई पर स्थित फासिल्स (Fossils) द्वारा भी मिलते हैं। वर्तमान समय में अन्तिम प्लीस्टोसीन युग के सागरीय फासिल्स न्यूडज़लैंड क्षेत्र के मेन प्रान्त के तटीय भाग में वर्तमान सागर-तल से 200 फीट की ऊँचाई पर, चैम्पलेन झील के उत्तरी भाग पर सागर-तल से 500 फीट की ऊँचाई पर तथा जेम्स की खाड़ी के तट पर 600 फीट की ऊँचाई पर पाये गये हैं। इन प्रमाणों से यह परिवर्तित होता है कि हिमानीकरण के समय हिमचादर के भार के कारण उपर्युक्त स्थानों पर अवतलन हो गया था तथा उस तल पर सागरीय जीवावशेषों का संचयन हुआ था। बाद में हिमचादर के पिघल जाने पर अवलित भाग ऊपर उठ गये जिन कारण जीवावशेष भी उत्तरी ही ऊँचाई पर उठ गये जितना कि अवतलन हुआ था।

उत्तरी युरोप में हिमचादर के भार के कारण स्थलीय भाग में अवतलन तथा हिमचादर के पिघलने पर उसमें (स्थल भाग) उत्थान के अनेक प्रमाण मिले हैं। अधिकतम हिमच्छादन के समय फेनो-स्कैंडिनेविया (Fenno Scandia) क्षेत्र में भी व्यापक रूप से स्थलीय भाग का अवतलन (Subsidence) हुआ था। हिमचादर के पिघलने के बाद धीरे-धीरे अवतलित भाग ऊपर उठ गये। यह विश्वास किया जाता है कि फेनो-स्कैंडिनेविया का मध्यवर्ती भाग सतुलन की स्थापना के अन्तर्गत वर्तमान समय में ऊपर उठ रहा है। वाल्टिक-सागर का आविर्भाव तथा पूरा विकास प्लीस्टोसीन हिमकाल के विभिन्न चरणों में अवतलन तथा उत्थान के कारण ही हुआ है।

4. वर्तमान स्थलाकृति पर प्रभाव (Effect on Present topography)—जैसा कि ऊपर स्पष्ट किया जा चुका है कि वर्तमान स्थलाकृति का अन्तिम रूप प्लीस्टोसीन हिमानीकरण द्वारा ही सम्भव हो सका है। प्लीस्टोसीन हिमचादर के पिघलने के बाद खलखण्ड में जो उत्थान प्रारम्भ हुआ उस कारण अनेक सन्निधियों में नवोन्मय (rejuvenation) हो गया जिस कारण नदियों ने प्लीस्टोसीन हिमानीकरण द्वारा प्रभावित स्थलीय भागों में गहरे गार्ज का निर्माण कर डाला। कनाडा के स्क्यूक के पठार पर इस तरह नदियों में नवोन्मय के कारण अनेक गार्ज का निर्माण हुआ है। स्थलीय भागों में उत्थान के कारण तरङ्गित सागरीय

बेदिकाये (Marine benches) भी ऊपर उठ गयीं, जिन पर प्लीस्टोसीन हिमकाल के सागरीय जीवावशेषों (fossils) के लक्षण इस समय भी देखे जा सकते हैं। अधिकांश क्षेत्रों में अन्तः सागरीय कैनियन (Submarine canyons—अन्तः सागरीय महाखण्ड) का निर्माण हुआ। प्लीस्टोसीन हिमकाल में सागर-तल के नीचे गिरने के कारण तरङ्गों द्वारा निर्मित प्लेटफार्म पर हिमचादर के बाद सागर-तल में वृद्धि के समय प्रवाल-पालिप (Coral-polyps) ने प्रवाल-मत्तियों (Coral-reefs) का बड़े पैमाने पर निर्माण किया। स्थलीय भागों पर महा-द्वीपीय हिमकर (Continental ice sheets) के प्रसार तथा निवर्तन (Advancement and retreat) के परिणामस्वरूप विस्तृत रूप में हिमोड का निक्षेप लम्बे-लम्बे तथा समानान्तर कटक (Ridges) के रूप में हुआ। वर्तमान समय में जर्मनी, पोलैण्ड, उत्तरी संयुक्त राज्य अमेरिका, कनाडा तथा स्वीडन में इस तरह के हिमोड कटक (Moranic ridges) के अनेक प्रमाण मिलते हैं। हिमचादर के पिघलने तथा क्रमशः पीछे हटने से अन्तिम हिमोड (Terminal moraines) का जमाव इस तरह हुआ है कि कई समानान्तर हिमोड कटक का निर्माण हुआ गया है। इन हिमोडों के बीच जल के एकत्रित हो जाने के कारण अनेक दलदल तथा अनुपजाऊ निम्न भागों का निर्माण हो गया है। स्थान-स्थान पर अन्तिम हिमोड के पीछे निचले भागों में जल का संचय हो जाने से छोटी-छोटी झीलों का विकास हो गया है। सोवियत रूस तथा पोलैण्ड की अन्तर्राष्ट्रीय सीमा पर प्रियेट दलदल (Pripyet Marsh) प्लीस्टोसीन हिमकाल की ही देन है। हिमोड के अलावा हिमानीकृत क्षेत्रों में अनेक एस्कर ड्रमिलन, रॉसमुटोन (Roche moutonnées) आदि स्थलरूपों का गूढ़न हुआ है। प्लीस्टोसीन हिमानीकरण का सर्वाधिक प्रभाव हिमानीकृत क्षेत्रों की हजारों की सख्या में स्थित झीलों में परिलक्षित होता है। हिमचादर के प्रसार के समय अपरदन तथा निवर्तन के समय निक्षेप के कारण प्रायः सभी प्रभावित क्षेत्रों में अनेक की सख्या में हिम-झीलों (Glacial lakes) का निर्माण हुआ है। इन हिमकृत झीलों की सबसे अधिक महत्वपूर्ण विशेषता यह है कि ये एक साथ सैकड़ों की सख्या में पाई जाती हैं। फिनलैंड हमका प्रमुख उदाहरण है। यहाँ पर हिमकृत झीलों इतनी अधिक हैं कि मुख्य प्रवाह प्रणाली का निर्धारण करना कठिन ही नहीं असम्भव कार्य है। इसी कारण फिनलैंड की प्रवाह-प्रणाली

को अनिश्चित प्रवाह प्रणाली (Indeterminate drainage pattern) की संज्ञा प्रदान की जाती है। झीलों की अधिक संख्या के कारण फिनलैण्ड को "झीलों की बगिचा" (Garden of Lakes) कहा जाता है। स्वीडन की अनेक झीलों का निर्माण प्लीस्टोसीन हिमानीकरण के फलस्वरूप ही सम्भव हुआ है। वॉटन (Vatn) तथा वॉनन (Vanern) झीलें हिमानीकरण द्वारा ही निर्मित हैं। गॉल्टिक मागर का विकास प्लीस्टोसीन हिमनयन के विभिन्न चरणों में कई अवस्थाओं में हुआ है। उत्तरी अमेरिका में ग्रेट लेक्स (Great Lakes) का आविर्भाव तथा विकास निश्चित रूप से प्लीस्टोसीन हिमकाल के समय हिमनदों के बार-बार प्रसार (Advancement or dispersal) तथा निवर्तन (Retreat) के कारण ही हुआ है। पर्वतीय भागों में हिमनदों ने नदियों

द्वारा निर्मित घाटियों को अपरदन द्वारा U आकार की घाटियों में बदल दिया। समस्त पर्वतीय उच्चावच पिस कम नीचा तथा तीक्ष्ण (Sharp) हो गया। स्थान-स्थान पर अनेक मर्क, सटकती घाटियों आदि का निर्माण हो गया। तटीय भागों से, जब कि सागर-तल नीचा था, हिमनदों ने गहरी घाटियों का निर्माण कर दिया। बाद में, जब कि सागर-तल ऊपर उठा तो ये भाग जलमग्न हो गये, जिससे फियोर्ड तटों का निर्माण हुआ। नार्वे तथा स्वीडन के फियोर्ड तट इसी तरह निर्मित हैं।

उत्तरी अमेरिका का हिमानीकरण (प्लीस्टोसीन)

तथा ग्रेटलेक्स का आविर्भाव एवं विकास

सामान्य परिचय—प्लीस्टोसीन युग में उत्तरी अमेरिका का अधिकांश भाग हिमचादर (Ice sheet) द्वारा आच्छादित था। इस युग में हिमानीकरण के समय केवल



चित्र-348—उत्तरी अमेरिका का हिमानीकरण (प्लीस्टोसीन हिमकाल)। C काडिलैरिन हिमचादर, K. कीवाटिन हिमचादर, L लेझाडोर हिमचादर।

एक ही बार हिमचादर का बड़े पैमाने पर प्रसार (Advancement) नहीं हुआ था बल्कि कई बार प्रसार तथा निवर्तन (Retreat) हुए थे। उत्तरी अमेरिका में विद्वानों ने चार क्रमिक हिमचादरीय प्रसार तथा चार-बार निवर्तन का उल्लेख किया है। प्रत्येक बार शीतल जलवायु के कारण जब हिम का संचयन अधिक हो जाता था तो हिम क्षेत्रों (Icefields) से हिमचादर के रूप में चारों दिशाओं में बढ़ने लगता था। परन्तु बीच में ही जलवायु के उष्ण हो जाने के कारण हिमचादर पिघलने लगती थी तथा उसका निवर्तन अर्थात् पीछे हटना प्रारम्भ हो जाता था। इस तरह प्रत्येक हिमकाल के बाद एक अन्तहिमकाल (Interglacial period) का आगमन होता था। उत्तरी अमेरिका के हिमकालों तथा अन्तहिमकालों को निम्न रूप में व्यक्त किया जा सकता है—

हिमकाल (Glacial Periods)	अन्तहिमकाल (Interglacial Periods)
1. नेब्रास्कान (Nebraskan)	→अफ्टोनियन (Aftonian)
2. कन्सान (Kansan)	→यारमाउथ (Yarmouth)
3. इलीनोइन (Illinoian)	→सगमन (Sagman)
4. विस्कान्सिन (Wisconsinian)	→पोस्ट ग्लेशियल (Post glacial)

उत्तरी अमेरिका में हिमचादर का प्रसार तीन प्रमुख हिमक्षेत्रों (Snow fields) से हुआ माना जाता है। 1. लेब्राडोर हिम चादर (Labrador ice sheet), 2. हड्सन खाड़ी हिमचादर या कीवाटिन हिमचादर (Hudson bay or Keewatin ice sheet) तथा 3. राकी हिमचादर (Rocky ice sheet)। पर्याप्त विस्तार के बाद आगे चलकर लेब्राडोर तथा कीवाटिन हिमचादरों आपस में मिल गईं, जिससे विस्तृत लारेन्टाइड हिमचादर (Laurentide ice sheet) का विकास हुआ। उत्तरी भाग में चलने वाली हिमचादर ने हिमानीकरण में पूर्व की सेन्ट लॉरेन्स की बेसिन को पूर्णतया डक लिया था तथा दक्षिण में मध्यपूर्वी निम्न मैदान (Central lowland) में इस चादर में सेण्टलॉरेन्स तथा मिसिसिपी नदियों के प्राचीन जल विभाजक के आगे तक अपना विस्तार कर लिया था। पूर्व में हिमचादर ने उत्तरी-पूर्वी अटलैण्टिक क्षेत्र को पूर्णतया प्रभावित किया है। यहाँ पर हिमानीकरण के फलस्वरूप अनेक अपरटनात्मक तथा निक्षेपात्मक स्थलरूपों का विकास हुआ है। पर्वतीय भागों का रूप नुकीली श्रेणियों तथा स्तर के रूप में बदल दिया गया है। यह स्मरणीय है कि विस्कान्सिन प्रान्त के दक्षिण-पश्चिम में लगभग 10,000 वर्गमील का क्षेत्र हिमानीकरण से अप्रभावित था, यद्यपि यह अधिकतम हिमानीकरण से अप्रभावित था यद्यपि यह अधिकतम हिमानीकरण के समय हिमचादर की दक्षिणी सीमा में



चित्र 349—यूरोप महाद्वीप का हिमानीकरण (प्लीस्टोसीन हिमकाल)।

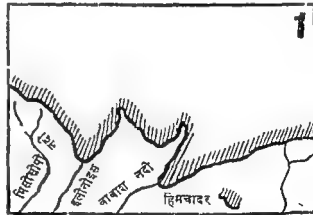
उत्तर में स्थित था। इस क्षेत्र को “हिमानीकरण से अप्रभावित क्षेत्र (Non glaciated region) या ड्रिफ्ट विहीन क्षेत्र (Driftless region) कहते हैं। प्लोस्टोसीन हिमानीकरण का प्रभाव उत्तरी अमेरिका के प्रभावित क्षेत्र की स्थलाकृति पर कई रूपों में हुआ है। कई स्थानों पर तो नये स्थलरूपों का निर्माण हो गया है, जबकि अन्य स्थानों पर पूर्व निर्मित स्थलरूपों में सुधार तथा परिवर्तन हुए हैं। मध्यवर्ती निम्न भाग (Central lowland) के उत्तरी भाग की सतह की आकृतियों का विकास निश्चित रूप से हिमानीकरण के परिणाम-स्वरूप ही हुआ है। हिमचादर ने सौटते समय विस्तृत क्षेत्र में रेत, बजरी (Gravel) तथा गोलाश्ममुत्तिका (Boulder clay) का ढिंघो जड़े पैनाने पर किया है। यदि ये निक्षेप अधिक पथरीले तथा दल-दली नहीं हैं तो उनका प्रयोग कृषि-क्षेत्रों के रूप में किया जाता है। परन्तु यदि गोलाश्म की मात्रा अधिक हो जाती है तो समस्त भाग एक अनूपजाऊ क्षेत्र में परिवर्तित हो जाता है। यही कारण है कि हिमानीकरण द्वारा बिछाई गई पथरीली मिट्टियों के कारण न्यूईंग्लैंड क्षेत्र तथा कनाडा के अटलांटिक प्रान्तों में कृषि का कार्य नगण्य हो गया है।

### ग्रेट लेक्स के विकास की अवस्थाएँ

#### (Stages of Development of Great Lakes)

उत्तरी अमेरिका के भौतिक रणमच पर प्लोस्टोसीन हिमानीकरण द्वारा निर्मित स्थलरूपों में ग्रेट लेक्स सर्वाधिक महत्वपूर्ण हैं। ग्रेट लेक्स के अन्तर्गत सुपीरियर (Superior), मिशिगन (Michigan), ह्यूरन (Huron), ईरी (Erie) तथा ओण्टारियो (Ontario) झीलों को सम्मिलित किया जाता है। ग्रेट लेक्स का वर्तमान रूप हिमानीकरण के समय अन्तिम हिमचादर के पूर्णतया हट जाने के बाद ही प्राप्त हो सका था। प्रायः ऐसा विश्वास किया जाता है कि प्लोस्टोसीन हिमकाल के पहले, वर्तमान ग्रेट लेक्स के स्थान पर एक निम्न बेसिन था जो कि कई नदी-घाटियों से मिलकर बनी थी। इन बेसिन की प्रवाह प्रणाली अटलांटिक सागर की ओर थी। सम्पूर्ण क्षेत्र वर्तमान समय की अपेक्षा ऊँचा था तथा निम्न बेसिन चारों तरफ से उच्च भागों से घिरी थी। प्लोस्टोसीन हिमकाल के समय जब हिमचादर तथा कोबाटीन हिमकेन्द्रों से हिमचादर का प्रसार दक्षिण की ओर होने लगा तो इस बेसिन में हिम के संचय के कारण उसका अटलांटिक सागर की ओर का प्रवाह-मार्ग

अवरुद्ध हो गया। इस हिमयुक्त बेसिन के दक्षिण में वह प्राचीन जलविभाजक (Watershed) था, जो कि प्राचीन सेन्ट लारेन्स की घाटी को मिसीसिपी क्रम से अलग करता था। हिमचादर का प्रसार इस जलविभाजक के दक्षिण तक हो गया था। इस समय हिमचादर के अग्रभाग से हिम के पिघलने से प्राप्त जल का निकास दक्षिण की ओर ओहियो तथा मिसीसीपी नदियों से होकर मिसीसिपी क्रम से सम्बन्धित था। जैसे-जैसे हिमचादर पिघल कर पीछे हटती गयी, उससे पिघला हुआ जल विभिन्न मार्गों से जलविभाजक से होकर मिसीसीपी प्रवाह-क्रम से मिल जाता था। धीरे-धीरे हिमचादर पीछे हटती गयी तथा झीलों का विकास होता गया। हिमचादर जब पूर्णतया पीछे हट गयी तो सेन्टलारेन्स का मुहाना खुल गया। चूंकि प्रारम्भ में निम्न बेसिन का निकास अटलांटिक महासागर की ओर था, अतः सेन्टलारेन्स के मुहाने के खुलते ही ग्रेट लेक्स को अटलांटिक महासागर में वह



चित्र 350—महान झीलों के विकास की प्रथमावस्था।

जाना चाहिये था परन्तु ऐसा नहीं हो पाया, क्योंकि सेन्टलारेन्स के मुहाने के पास स्थल भाग धीरे-धीरे ऊपर उठने लगा। इस कारण ग्रेट लेक्स का अधिकांश जल गड्ढों में अवरुद्ध हो गया। परिणामस्वरूप ग्रेट लेक्स तथा सेन्टलारेन्स के वर्तमान रूप प्राप्त हुए। ग्रेट लेक्स के विकास, जैसा कि ऊपर बताया गया है, एक ही अवस्था में नहीं हुए हैं बल्कि कई अवस्थाओं में हुए हैं। ग्रेट लेक्स के विकास की अवस्थाओं पर दो तथ्यों का सर्वाधिक प्रभाव हुआ है। 1. हिमानीकरण से पहले की निम्न बेसिन तथा पुराना जल विभाजक (मिसीसिपी तथा प्राचीन सेन्टलारेन्स नदियों के बीच) एवं 2. महा-द्वीप के उत्तरीपूर्वी भाग में मन्द किन्तु अनियमित

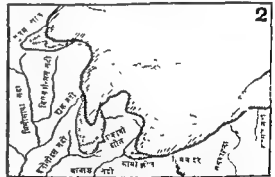
उत्थान ! हिमचादर के पूणतया हट जाने पर भी शीनें जड़स्थ नहीं हो पायी। इसके तीन प्रमुख कारण बताये जाते हैं—1 हिमानीकरण के बाद स्थल भाग अपनी प्रारम्भिक ऊँचाई या तल को प्राप्त नहीं कर सका, 2. हिमानीकरण के समय निक्षेप द्वारा हिमोढ़ के कटक के रूप में जमाव के कारण शीलों के जल में अवरोध तथा 3. उत्तरी-पूर्वी भाग का उभार। विभिन्न प्रमाणों तथा पर्यवेक्षणों के आधार पर ग्रेट लेक्स के विकास में सात अवस्थाओं का प्रतिपादन किया गया है।

**प्रथम अवस्था**—सर्वाधिक हिम-प्रसार के समय हिम चादर का विस्तार, मिसौसीपी तथा सेण्ट लॉरेंस के अध्रभाग से निकले हुए जल का निकास मिसौसीपी प्रवाह क्रम में होकर मध्यवर्ती निम्न भाग (Central lowland) की ओर था। वर्तमान ग्रेट लेक्स का समस्त भाग हिम-चादर से आच्छादित था।

**द्वितीय अवस्था**—उपर्युक्त अवस्था के बाद हिमचादर का पिघलना तथा पीछे हटना प्रारम्भ हो गया। हिम-चादर के पिघलने से प्राप्त जल, हिमचादर द्वारा छोड़े गये अन्तिम हिमोढ़ (Terminal moraines) तथा हिम-चादर के मध्य एकत्रित होकर झील के रूप में परिवर्तित होने लगा। हिमचादर का जब निवर्तन (Retreat) होने लगा तो स्थान-स्थान पर हिमचादर का रूप हिम के भार के कारण लोब (Lobe-लटकता हुआ गोलाकार भाग) के समान होने लगा। हिमचादर, पिघलने के कारण जब प्राचीन जलविभाजक (Old watershed) के उत्तर खिसक गई तो जलविभाजक तथा हिमचादर के मध्य जल अवरोध होकर एक विस्तृत जल-क्षेत्र या बेसिन में परिवर्तित हो गया। इस बेसिन में स्थित जल का नल जलविभाजक के गतों तथा कॉल (Cols) के बराबर हो गया जिस कारण अतिरिक्त जल, जलविभाजक को पार करके छोटी-छोटी सरिताओं से होकर मिसौसीपी क्रम में मिलने लगा। पूर्व में शूयार्क के पहाड़ी भाग में जवरुद्ध जल के निकास का गम्भीर खोड़े समय के लिए (अस्थायी रूप में) ससक्वेहाना (Susquehanna) नदी की उत्तरी शाखा से हो गया था।

**तृतीय अवस्था**—पुनः हिमचादर के पिघलने तथा उत्तर की ओर सरकने के कारण हिमयुग से पूर्व की निमित्त सेण्टलॉरेंस की पाटी की सहायक पाटियों का दक्षिणी भाग हिमचादर में अनाच्छादित (Uncovered) हो जाने से छिछली बेसिन के रूप में बदल गया। उत्तर की ओर सरकती हुई हिमचादर लोब (Lobe) के रूप

में परिवर्तित होने लगी। परिणामस्वरूप वर्तमान मुषी-रियर झील के दक्षिणी भाग में डुलुथ झील (Duluth lake), मिशिगन के दक्षिण में शिकागो झील (Lake Chicago) तथा ईरी झील के दक्षिण-पश्चिम में मामी झील (Lake Maumee) का निर्माण हो गया। इन नवनिर्मित झीलों की प्रवाह-दिशा दक्षिण की ओर मिसौसीपी क्रम में थी। डुलुथ झील St Croix नदी से होकर दक्षिण में मिसौसीपी से सम्बन्धित थी। इसी तरह शिकागो झील का जल इलीनोइस नदी (Illinois river) से होकर एब मामी झील का जल वाबाश नदी (Wabash) से होकर मिसौसीपी क्रम में मिलने लगा। स्पष्ट है कि इन अवस्था तक नवनिर्मित तीन झीलों का जल स्वतंत्र रूप में प्रवाहित होकर मिसौसीपी क्रम में मिलता था। जैसे-जैसे हिमचादर उत्तर की ओर हटती गई, इन झीलों का विस्तार होता रहा। इस अवस्था में प्रवाह-क्रम की दो दिशाएँ थी। झीलों का जल तो मिसौसीपी क्रम से होकर प्रवाहित होता था, परन्तु पूर्व में हिमचादर के पिघलने से प्राप्त जल का निकास ससक्वेहाना तथा हडसन नदियों से होकर होता था, देखिये चित्र 351। जब मिशिगन के दक्षिणी भाग में अधिकांश हिम पिघल कर लुप्त हो गया तो सैगिना को खाड़ी (Saginaw Bay) में एक लोब (Lobe) का निर्माण



चित्र 351—डुलुथ, शिकागो तथा मामी झील में विकास की अवस्था।

हुआ। इस लोब के अध्रभाग में सैगिना झील (Lake Saginaw) का विकास हो गया। सैगिना झील का जल (वर्तमान) ग्रेण्ड नदी (Grand river) से होकर मिसौसीपी झील में जाने लगा। इसी समय मामी झील का जल एब नवीन मार्ग द्वारा सैगिना झील से मिल गया। परिणाम-स्वरूप मामी झील ने वाबाश नदी के निकास (Outlet) का प्रतिस्थापन कर दिया। अब मामी झील का जल

नवीन विकास द्वारा सेंगिना झील से होकर पुन ग्रैंड नदी से होकर शिकागो झील में जाने लगा। यहाँ पर एकत्रित जल इलीनोइस नदी (Illinois river) से होकर मिसीसीपी क्रम में मिल जाता था। हिमचादर के क्रमशः उत्तर हटते जाने के साथ ही साथ मामी झील का भी विस्तार होता रहा। इस समय तक समस्त (वर्तमान) ईरी से हिमचादर हट चुकी थी। परिणामस्वरूप पूर्व तथा उत्तर-पूर्व की ओर मामी झील के विस्तार होने से एक विस्तृत नवीन झील का विकास हुआ जिसे व्हिटिलसी झील (Whittlesey Lake) के नाम से जाना जाता है। इस झील का जल उत्तर की ओर सेंगिना झील से होकर, पुन पश्चिम दिशा में होकर



चित्र 352—व्हिटिलसी झील की अवस्था।

शिकागो झील से मिल जाता था, जहाँ से समस्त जल इलीनोइस नदी से होकर मिसीसीपी क्रम से मिल जाता था। इस अवस्था को 'व्हिटिलसी झील की अवस्था' कहते हैं (देखिये चित्र 352)। इसी समय न्यूयार्क प्रान्त में फिंगर झील (Finger Lake) का निर्माण हुआ, जिसका जल कुछ समय तक ससबेहना नदी से होकर प्रवाहित होता रहा। हिमचादर के पुन उत्तर की ओर हट जाने से वर्तमान ईरी झील का समस्त भाग तथा ओण्टारियो का कुछ भाग हिम से अनाच्छादित (Uncovered) हो गया। परिणामस्वरूप सेंगिना झील तथा व्हिटिलसी झील मिल कर एक विस्तृत झील में बदल गयी। इस नवीन झील का नामकरण वारेन झील (Warren Lake) किया गया। पूर्व में इस झील का इतना अधिक विस्तार हो गया है कि इसने न्यूयार्क प्रान्त की फिंगर झील (Finger Lake) को भी अपने अन्तर्गत कर लिया। वारेन झील का जल ग्रैंड निकास (Grand Outlet) से होकर शिकागो झील तथा पुनः इलीनोइस नदी से होकर मिसीसीपी क्रम से मिलने लगा। इस अवस्था को

वारेन झील की अवस्था (Stage of Lake Warren) की मञ्जा प्रदान की जाती है (देखिये चित्र 353)।

चतुर्थ अवस्था—हिमचादर के पुनः उत्तर की ओर सरकने पर झील लुण्डी (Lake Lundy) का निर्माण हुआ। पश्चिम की ओर इसका विस्तार सेंगिना झील तक तथा पूर्व की ओर ह्यूरन झील के दक्षिणी भाग तक हो गया। ओण्टारियो के उत्तर में किर्कलैण्ड के पास भी इस झील का विस्तार हो गया। इस तरह लुण्डी झील का विकास, सेंगिना झील, दक्षिणी ह्यूरन तथा समस्त ईरी के जल के सम्मिलित भागों द्वारा हुआ। इस अवस्था में लुण्डी झील का निकास, मोहक निकास (Mohawk outlet) द्वारा हडसन से होकर अटलांटिक महासागर में हो गया। सेंगिना झील के ग्रैंड नदी द्वारा पश्चिम की ओर के निकास की समाप्ति हो गई।



चित्र 353—वारेन झील की अवस्था।

शिकागो झील का निकास वर्तमान मिशिगन के लगभग हो गया था तथा इलुय झील, वर्तमान लुसिरीयर के आगे भाग में विस्तृत थी। इलुय तथा शिकागो झीलों का सम्बन्ध अब भी मिसीसीपी क्रम से था। हिमचादर के पुन उत्तर की ओर सरकने से ओण्टारियो झील का अधिकांश भाग अनाच्छादित हो गया, जिसमें इरोक्विज झील (Lake Iroquois) का विकास हुआ (चित्र 354)।

पञ्चम अवस्था—पञ्चम अवस्था के आगमन के समय वर्तमान झीलों की बेसिन से हिमचादर का पूर्णतया लोप हो गया था। सुपीरियर, मिशिगन तथा ह्यूरन झीलों का जल सम्मिलित होकर एक विस्तृत झील के रूप में परिवर्तित हो गया। इस झील का नामकरण अलगाणिकन झील (Lake Algonikan) किया गया। हिमचादर के उत्तर की ओर हटने के कारण जाजिया की खाड़ी तथा इरोक्विज झील (वर्तमान ओण्टारियो) के बीच का गर्त

भाग अनाच्छादित हो गया, जिस कारण अलगानिकन झील (सुपीरियर, मिशिगन तथा ह्यूरोन का सम्मिलित रूप) का जल ट्रेन्ट नदी के निकास (Trent R. outlet) से होकर इरोक्विस झील में पहुँचने लगा। ईरी का जल भी इरोक्विस में पहुँचने लगा। यहाँ से समस्त जल मोहक निकास से होकर हडसन नदी द्वारा अटलांटिक महासागर में पहुँचने लगा। हिमचादर के सरकने के साथ ही ईरी तथा ओण्टारियो झील के बीच एस्कपमेन्ट (Escarpment) अनाच्छादित हो गया था। अतः ईरी का जल इस एस्कपमेन्ट से होकर इरोक्विस में जाते समय प्रपात बगाता था। नियाघा प्रपात का प्रारम्भ यही से होता है। इस समय तक सेण्ट्लारेन्स भाग हिम से अवहृत था। आगे चलकर ह्यूरोन का कुछ जल सेण्ट ब्लेयर निकास (St Clair Outlet) से होकर ईरी में जान लगा। सिकागो निकास (Chicago outlet) भी बन्द हो गया (देखिये चित्र 355)।



चित्र 354—सुण्डो झील तथा इरोक्विस झील की अवस्था।



चित्र 355—अलगानिकन झील की अवस्था।

षष्ठम अवस्था—हिमचादर के और अधिक उत्तर की ओर सरकने पर सेण्ट्लारेन्स की घाटी से हिम पूर्णतया हट गया। परिणामस्वरूप सागरीय जल का बिस्तार



चित्र 356—चैम्पलेन सागर तथा ओटावा निकास की अवस्था।

चैम्पलेन सागर (Champlain Sea) के रूप में समस्त सेण्ट्लारेन्स की घाटी (ओण्टारियो तक) और हडसन मोहक द्वार (Hudson-Mohawk Gap) तक हो गया इसी समय ओटावा निकास (Ottawa outlet) खुल गया जिस कारण सुपीरियर, मिशिगन तथा ह्यूरोन झीलों का जल ओटावा निकास से होकर चैम्पलेन सागर में जाने लगा।



चित्र 357—बृहद् झीलों के पूर्ण विकास की अवस्था तथा उनका वर्तमान रूप।

ईरी झील का जल नियाघा प्रपात से होकर ओण्टारियो झील से होकर चैम्पलेन सागर तक पहुँचता था। इस प्रकार इस अवस्था तक नियाघा प्रपात से होकर केवल ईरी का जल ही प्रवाहित होता था (देखिये चित्र 356)।

सप्तम अवस्था—अन्तिम अवस्था में हिमचादर का पूर्णतया निवर्तन हो गया था। हिमचादर के हट जाने से भार में कमी होने से महाद्वीप का उत्तरी-पूर्वी भाग ऊपर उठने लगा, जिस कारण ऊपरी सेण्ट्लारेन्स तथा हडसन

चैम्पलेन निम्न भाग में सागरीय जल का निवर्तन हो गया। प्रत्येक झील के आकार में ह्रास हुआ जिससे उनका वर्तमान रूप प्राप्त हो चुका। ओटावा निकास (Ottawa outlet) की समाप्ति हो गई। सुपीरियर, मिशिगन तथा ह्यूरन झीलों का जल सेण्ट ब्लेयर नदी

में होकर ईरी झील में जाने लगा। वहाँ से पुनः नियाग्रा नदी में होकर ओण्टारियो झील तथा अन्त में सेण्ट्लारेन्स नदी द्वारा अटलाण्टिक महासागर में जाने लगा। इस तरह ग्रेट लेक्स का वर्तमान रूप तथा उनकी प्रवाह प्रणाली का अन्तिम रूप प्राप्त हुआ (देखिये चित्र 357)।

---



# परिहिमानी स्थलाकृति

(Periglacial Landscape)

## सामान्य परिचय

'परिहिमानी' का शाब्दिक अर्थ 'हिमानी के आस-पास' (Around the ice) होता है परन्तु इसका प्रयोग 'परिहिमानी स्थलाकृति' तथा 'परिहिमानी जलवायु' दोनों रूपों में किया जाता है। परिहिमानी जलवायु उसे कहते हैं, जहाँ पर तापक्रम इतना नीचा होता है कि हिमपात तो होता है परन्तु उसमें हिमपात (Snow fields) तथा हिमानी (Glaciers) का आविर्भाव नहीं होता है। हिमानी के समीपी भाग में भी, जहाँ पर घरातल जम जाता है, परन्तु उसमें गति नहीं होती है, परिहिमानी वातावरण देखने को मिलता है। वर्तमान समय में परिहिमानी स्थलाकृति पर अधिकांश विद्वानों का ध्यान टिका हुआ है परन्तु परिहिमानी स्थलाकृति पर प्राप्त आधुनिक विवरण के पीछे एक लम्बा इतिहास छिपा हुआ है। उन्नीसवीं सदी में ही कुछ विद्वानों (James Geikie, 1874) को भीत जलवायु में हिमानी से अलग कुछ विशिष्ट स्वरूपों के निमाण का आभास मिल गया था, परन्तु वे किसी निष्कर्ष पर नहीं पहुँच पाये थे। सन् 1900 ई० में F E Matthes ने निवेशन (Nivation) नामक प्रक्रम (Process) का उल्लेख किया जो कि ऐसी जलवायु में सक्रिय होता है, जिसमें तापक्रम के उतार-चढ़ाव होने से क्रमशः हिमोत्पन्न-हिम-द्रवण (Freeze thaw) तो होता है परन्तु पूर्ण हिमानीकरण (Glaciation) नहीं हो पाता है। 1906 में एण्डरसन (J G. Anderson) ने 'उप हिमानी जलवायु' (Sub-glacial climate) का उल्लेख किया जिसमें मृदासर्पण (Solifluction) प्रक्रम अधिक सक्रिय होता है। 1909 में सबसे पहले लूज़िन्स्की (W Lozinski) ने परिहिमानी Periglacial शब्द का प्रयोग किया, परन्तु ये परिहिमानी को एक सुनिश्चित परिभाषा में नहीं रख सके और इन्होंने इसके अन्तर्गत केवल तुषार-अवधन (Frost-weathering) को ही प्रभाववासी प्रक्रम के रूप में स्वीकार किया। इसके बाद परिहिमानी प्रक्रम के अध्ययन का सिलसिला प्रारम्भ हो गया तथा उसमें स्पाटोकरण (Equiplanation)—D. D Cairnes, 1912), तुष स्पाटोकरण (Altiplanation—H. M. Eakin, 1916), तुषार-उत्क्षेपण (Frost heaving —

B Hoggom, 1914) आदि प्रक्रमों को सम्मिलित किया गया।

वर्तमान समय में 'परिहिमानी' नामावलि का प्रयोग विस्तृत रूप में किया जाता है, जिसका तात्पर्य उस मण्डल से होता है जो कि भूत या वर्तमान हिमानी के चारों तरफ समीपी भागों में पाया जाता है।

**परिहिमानी जलवायु (Periglacial Climate)**— किसी निश्चित परिहिमानी जलवायु का निर्धारण करना कठिन कार्य है, क्योंकि एक स्थान से दूसरे स्थान की परिहिमानी जलवायु सम्बन्धी दशानों में पर्याप्त अन्तर होता है। इतना ही नहीं, परिहिमानी मण्डल भी परिवर्तनशील होते हैं। 1950 में पेल्टियर (L.C. Peltier) ने परिहिमानी माफ़ोबैनेटिक प्रदेश की संकल्पना प्रस्तुत की जिसमें औसत वार्षिक तापक्रम, — 15° से 1° से०; औसत वार्षिक वर्षा 120 म 1400 मि० मि० (हिम के रूप में) होती है तेज वायु चला करती है और बहुत जल अधिक सक्रिय नहीं होता है। परन्तु इस तरह का साधारणीकरण 'मान्य नहीं हो सकता है। परिहिमानी जलवायु आइसलैण्ड तुल्य (सागरीय आर्कटिक) हो सकती है जिसमें औसत वार्षिक तापक्रम भीषा होता है परन्तु 0° से० से ऊपर होता है तथा वर्षा अधिक होती है, (अधिकांश भाग शरदकालीन हिमवर्षा के रूप में प्राप्त होता है) या साइबेरिया तुल्य (महाद्वीपीय आर्कटिक) हो सकती है जिसमें तापक्रम अत्यन्त कम होता है तथा जाड़े से — 60° से 0° तक हो जाता है और वर्षा हल्की होती है। परन्तु ग्रीष्मकाल में जल वर्षा के रूप में ही होती है। सामान्य रूप में परिहिमानी जलवायु की निम्न विशेषतायें बतायी जा सकती हैं। जाड़े का मौसम लम्बा होता है, तापक्रम कम होता है और यह 0° से० से नीचा होता है। इस मौसम में घरातलीय जन तथा भूमिगत जन का हिमीकरण (Freezing) हो जाता है, जिस कारण अपक्षय एवं अवपदन के कार्य का स्थान हो जाता है। ग्रीष्मकाल में तापक्रम इतना अवश्य हो जाता है कि रात में तुषारपात नहीं होता है और घरातलीय हिम का पिघलना प्रारम्भ हो जाता है, जिस कारण नदियाँ अवपदनात्मक कार्य में सक्रिय हो जाती हैं तथा मृदासर्पण (Soil creep) प्रारम्भ हो जाता है, परन्तु यह स्थिति

नम्बी अवधि तक नहीं रह पाती है, क्योंकि जल शीघ्र ही मूख जाता है। ग्रीष्म एवं शीतकाल के आवांतर समय (Transitional period) परिहिमानी स्पलाकृति के विकास के लिये सर्वाधिक प्रेरक होते हैं, क्योंकि इस समय दिन में हिम का थोकरण (Thawing) तथा रात में जल-का हिमोकरण होता रहता है, जिससे दैनिक हिमोकरण-हिम थोकरण चक्र (Diurnal freeze-thaw cycle) प्रारम्भ हो जाता है, जो कि चट्टानों के यादिक विघटन में सहायक होता है।

**परिहिमानी क्षेत्र**—ऊपर यह बताया गया है कि परिहिमानी क्षेत्र स्थायी नहीं होते हैं। यही कारण है कि प्लोस्टोसीन काल में जो क्षेत्र परिहिमानी क्षेत्र थे अब उनके अधिकांश भाग उससे मुक्त हो चुके हैं। वर्तमान समय में भूपटल का लगभग पाँचवा भाग परिहिमानी जलवायु के अन्तर्गत स्थित है, जिसका अधिकांश भाग उत्तरी गोलार्द्ध में है। इनमें से अलास्का और कनाडा का टुण्ड्रा प्रदेश, उत्तरी यूरोप का भाग तथा साइबेरिया का अधिकांश भाग परिहिमानी जलवायु के अन्तर्गत आता है। सोवियत रूस के समस्त क्षेत्रफल का लगभग आधा भाग परिहिमानी जलवायु के अन्तर्गत आता है। निम्न अक्षांशों के उष्ण पर्वतीय भागों में जैसाई पर भी परिहिमानी क्षेत्र मिलते हैं। भारत में पूर्वी हिमालय प्रदेश में परिहिमानी क्षेत्र मिलते हैं। परिहिमानी क्षेत्र का सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण भाग परमाफ्रास्ट क्षेत्र (स्थायी तुषार भूमि—Permafrost) के रूप में होता है। इसके अलावा गतिशील हिमानी के चारों तरफ भी परिहिमानी क्षेत्र मिलता है। अन्य क्षेत्र छिटपुट रूप में होते हैं, जैसे हिमखण्ड (Snow patch) आदि।

### परमाफ्रास्ट क्षेत्र (Permafrost Areas)

**सामान्य परिचय**—मुल्लर (S. W. Muller) ने 1947 में भूपटल के उस भाग के लिये, जिसका तापक्रम वर्षों तक हिमाक के नीचे रहता है तथा वह भाग हिमीकरण अवस्था में रहता है, सर्वप्रथम परमाफ्रास्ट शब्द का प्रयोग किया, यद्यपि इस तरह के भाग की पहचान 1806 में सीना डेल्टा में ऐडम्स द्वारा कर ली गई थी तथा ट्रांस साइबेरियन रेलवे के निर्माण के समय जमे हुए (Frozen) धरातलीय भाग के अध्ययन का सिलसिला चल पड़ा था। आधुनिक परिभाषा के अनुसार परमाफ्रास्ट वह क्षेत्र होता है 'जो कि धरातलीय सतह से नीचे विभिन्न गहराइयों तक स्थित होता है तापक्रम हजारों वर्षों तक हिमाक के नीचे रहता है। जल आदि जमी अवस्था में होते हैं,

धरातलीय सतह पर स्थायी हिमचादर नहीं होती है तथा इस भाग के ऊपरी हिस्से में एक सक्रिय सतह (Active layer) होती है, जिसके ऊपर बदलते मौसम के साथ तापक्रम में परिवर्तन होता रहता है।' ब्रायन (Krik Bryan) ने 1946 में परमाफ्रास्ट नामावली को भ्रामक बताया तथा सतत जमे हुए धरातलीय भाग के लिये (लैटिन भाषा) परगेलीसोल (Pergelisol) शब्द का प्रयोग किया, जिसका तात्पर्य होता है—'सतत जमा हुआ धरातल' (Per = सतत या सदैव, gelare = जमना, हिमीकरण, Solum = मिट्टी या भूमि)। परन्तु वर्तमान समय में परमाफ्रास्ट का ही प्रयोग अधिक प्रचलित है।

**परमाफ्रास्ट की गहराई**—परमाफ्रास्ट की गहराई में एक स्थान से दूसरे स्थान में पर्याप्त अन्तर होता है, क्योंकि यह कई कारकों—स्थान विशेष की जलवायु, धरातलीय बनावट, जल-सम्बन्धी दशाएँ आदि-पर आधारित होती है। महाद्वीपीय जलवायु वाले भागों में शरदकालीन न्यून तापक्रम के कारण इसकी गहराई अधिक होती है। अधिक गहराई के लिये धरातल के ऊपर हिमचादर की अनुपस्थिति आवश्यक है क्योंकि हिमचादर धरातलीय भाग को कम तापक्रम प्राप्त करने से बाधा उपस्थित करती है। सागरीय जलवायु वाले भाग में परमाफ्रास्ट छिटपुट रूप से मिलता है, क्योंकि यह केवल ढालों के छाया वाले भागों तथा घाटियों के तलस्थ भागों में ही सम्भव हो पाता है। परमाफ्रास्ट के विकास के लिये 1° से 4° से० का औसत वार्षिक तापक्रम आवश्यक होता है। वर्तमान परमाफ्रास्ट मण्डल में साइबेरिया के उत्तरी भाग (नार्थविक) में 600 मीटर की अधिकतम गहराई का पता लगाया गया है। इसके अलावा साइबेरिया के तयमीर प्रायद्वीप (Taymyr Peninsula) में 500 मीटर, उत्तरी अलास्का (Cape Simpson) में 314 मीटर तथा उत्तरी कनाडा में 450 मीटर तक गहराई वाले परमाफ्रास्ट का पता लगाया गया है।

**परमाफ्रास्ट के प्रकार**—जल की मात्रा के आधार पर परमाफ्रास्ट को 'गुच्छ' और 'आर्द्र' या 'हिमकृत' दो प्रकारों में रखा जाता है। जब धरातलीय भाग में (नीचे) भूमिगत जल की मात्रा निम्नायत कम होती है तो तापक्रम के हिमाक से कम होने पर भी हिमीकरण नहीं (जल के अभाव में) हो पाता है। इस तरह के मण्डल को 'गुच्छ परमाफ्रास्ट' कहते हैं। परन्तु भूमिगत जल की मात्रा पर्याप्त होती है तो उसका हिमीकरण बड़े पैमाने पर होता है। इसे 'आर्द्र' या 'हिमकृत परमाफ्रास्ट' कहते हैं।

क्षेत्रीय विस्तार के आधार पर रे (L L Ray) ने 1951 में परमाफास्ट मण्डल की तीन प्रकारों में विभा-  
किया है (i) अविच्छिन्न परमाफास्ट (Continuous  
permafrost)—इसमें वह समस्त भाग, जहाँ पर परमा-  
फास्ट के लिये आदर्श दशाये पाई जाती हैं, हिमकृत  
अवस्था में होता है। केवल बड़ी-बड़ी झीलें, नदियाँ या  
आन्तरिक सागरों के निचले भाग ही परमाफास्ट-रहित  
हो सकते हैं। कनाडा तथा साइबेरिया की वर्तमान जल-  
वायु-दशाओं में इसका अधिकतम वितरण पाया जाता है,  
(ii) विच्छिन्न परमाफास्ट (Discontinuous permafrost)  
—इस प्रकार का परमाफास्ट मण्डल वह होता है, जिसमें  
बीच-बीच में कुछ ऐसे क्षेत्र होते हैं, जिनका हिमीकरण  
नहीं हो पाता है; तथा (iii) विकीर्ण परमाफास्ट (Spor-  
adic permafrost)—उसे कहते हैं जो कि उन क्षेत्रों  
में, जहाँ पर हिमीकरण की दशाये नहीं मिलती हैं और  
हिमीकरण नहीं होता है, छिड़-पुट रूप में प्रारम्भिक  
परमाफास्ट के अवशिष्ट रूप में मिलते हैं। वास्तव में ये  
क्षेत्र प्लैस्टोसीन हिमानोकरण के समय उद्भूत परमा-  
फास्ट के अवशेष मात्र ही हैं तथा जैन-जैन अब इनका  
ह्रास हो रहा है। कनाडा एवं अलास्का के धरातलीय  
क्षेत्र के लगभग 50 प्रतिशत भाग तथा सोवियत रूस के  
47 प्रतिशत भाग पर अविच्छिन्न एवं विच्छिन्न परमा-  
फास्ट का विस्तार पाया जाता है।

परमाफास्ट का वितरण—ऐसा विश्वास किया जाता  
है कि समस्त भूमण्डल के लगभग 20-30 प्रतिशत भाग  
पर विशुद्ध परमाफास्ट का विस्तार पाया जाता है।  
परमाफास्ट का सर्वाधिक क्षेत्रफल सोवियत रूस में पाया  
जाता है, जहाँ पर इसका विस्तार 47 प्रतिशत भाग पर  
मिलता है, परन्तु अनेक विद्वानों ने इस वितरण पर अपने  
अलग-अलग मतों का प्रतिपादन किया है। सुप्रसिद्ध  
के अनुसार सोवियत रूस में परमाफास्ट का विस्तार 100  
लाख वर्ग कि० मी० (47% क्षेत्रफल), येमेरोव के  
अनुसार 10,767,000 वर्ग कि० मी० (समभग  
48.1%), K. Kudryavtsev के अनुसार  
10,609,900 वर्ग कि० मी० तथा मुलनेबा के अनुसार  
11,115,000 वर्ग कि० मी० (49.7% क्षेत्रफल) बताया  
गया है। मगोलिया में 8,00,000 वर्ग कि० मी०, चीन  
में 4,00,000 वर्ग कि० मी०, अलास्का में 1 500 000  
वर्ग कि० मी०, और कनाडा में 57,00,000 वर्ग कि०  
मी० क्षेत्र में परमाफास्ट का वितरण पाया जाता है।  
इसके अलावा ग्रीनलैण्ड, अंटार्कटिका तथा उच्च पर्वतीय  
भागों में भी परमाफास्ट का विस्तार पाया जाता है।

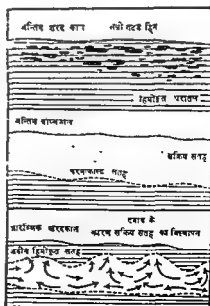
परमाफास्ट की उत्पत्ति—परमाफास्ट के विषय में  
सबसे विवादास्पद समस्या उसकी उत्पत्ति तथा वर्तमान  
जलवायु सम्बन्धी दशाओं के बीच सम्बन्ध से सम्बन्धित  
है। कुछ विद्वानों ने वर्तमान जलवायु को परमाफास्ट  
उत्पन्न करने तथा उसे सुरक्षित रखने की सामर्थ्य में  
सन्देह प्रकट किया है। ब्राउन (R. J. E Brown,  
1960) के अनुसार जिन क्षेत्रों में वर्तमान समय में परमा-  
फास्ट पाये जाते हैं वहाँ की तापक्रम सम्बन्धी दशाएँ  
उनकी उत्पत्ति के लिये पूर्णरूपेण समर्थ हैं। कनाडा में  
विच्छिन्न परमाफास्ट क्षेत्रों की दक्षिणी सीमा—4° से०  
समतोप रेखा से पूर्णतया सामञ्जस्य रखती है, परन्तु  
यूकान में 1 से० समतोप रेखा के दक्षिण में परमाफास्ट  
नहीं मिलता है और 4° से० समतोप रेखा के उत्तर में  
इसका वितरण विस्तृत रूप में मिलता है। इस तरह  
यदि देखा जाय तो कनाडा में परमाफास्ट के निर्माण के  
लिये आवश्यक तापक्रम एवं परमाफास्ट क्षेत्र में पूर्णतया  
समन्वय है। अर्थात् कनाडा में अधिकांश परमाफास्ट का  
निर्माण वर्तमान जलवायु की ही देन है। एशिया में स्थिति  
कुछ अलग है। यहाँ पर 2° से० समतोप रेखा के बहुत  
दक्षिण में भी परमाफास्ट देखने को मिलता है, यद्यपि  
यहाँ का वर्तमान तापक्रम परमाफास्ट के निर्माण के लिये  
श्रेष्ठ नहीं है। इसके विषय में कहा जा सकता है कि  
ऐसे परमाफास्ट का निर्माण प्लैस्टोसीन काल में हुआ  
था तथा ये उन्हीं के अवशेष मात्र हैं। इन परमा-  
फास्ट क्षेत्रों में निरन्तर ह्रास हो रहा है। यदि सोवियत  
रूस में परमाफास्ट क्षेत्रों पर दृष्टिपात किया जाय तो  
वहाँ पर इनके तीन मुनिर्वित मण्डल देखने को मिलते  
हैं। सबसे दक्षिण भाग में परमाफास्ट का क्षोभमान मण्डल  
(Waning zone) है, सबसे उत्तरी भाग में वर्धमान  
मण्डल या वृद्धि मण्डल (Waxing zone or aggrading  
zone) है। इन दो मण्डलों के बीच एक ऐसा आवान्तर  
मण्डल (Transitional zone) है, जिसमें न तो ह्रास  
हो रहा है और न ही वृद्धि, बल्कि वह गमबत अवस्था में  
है। संक्षेप में कहा जा सकता है कि कुछ प्लैस्टोसीन  
काल के अवशिष्ट परमाफास्ट क्षेत्रों को छोड़कर अधिकांश  
क्षेत्रों की वर्तमान जलवायु सम्बन्धी दशाएँ न केवल  
पूर्व-निर्मित परमाफास्ट क्षेत्रों को सुरक्षित रखने में समर्थ  
हैं, बल्कि नये परमाफास्ट के निर्माण की भी सामर्थ्य  
रखती हैं।

परमाफास्ट और सक्रिय तलह (Active Layer)—  
जिन क्षेत्रों में विशुद्ध परिहिमानी जलवायु पाई जाती है  
और परमाफास्ट का पूर्ण विकास हुआ रहता है वहाँ भी

धरातल की ऊपरी सतह का वर्ष भर हिमीकरण (Freezing) नहीं हो पाता है। इस तरह परमाफ्रॉस्ट स्तर (Permafrost table-परमाफ्रॉस्ट की ऊपरी सीमा) के ऊपर एक ऐसी सतह होती है, जिसमें मौसम के साथ तापक्रम में परिवर्तन होता रहता है। ग्रीष्मकाल के आगमन के साथ जैसे ही तापक्रम  $0^{\circ}$  से  $0$  से ऊपर उठने लगता है, हिमीकृत ऊपरी सतह पिघलने लगती है (दिन में) और रात में पुनः जमने लगती है, परन्तु यहाँ बढ़ते जाने से ऊपरी सतह दिन रात पिघली अवस्था में होती है। शरद काल के आगमन के साथ यह सतह पुनः जमने लगती है। इस तरह की सतह को सक्रिय सतह (Active layer) कहा जाता है। बायन ने इस सतह के लिये लैटिन शब्द 'मोलिसोल' (Mollisol—moller=कोमल बनाना, Solum=मिट्टी या धरातल) का प्रयोग किया है, परन्तु यह नामावलि मान्य नहीं है। यह स्मरणीय है कि ग्रीष्मकाल में पिघली सक्रिय सतह का जब शरद काल में हिमीकरण प्रारम्भ होता है तो यह ऊपर में सम्पन्न होता है तथा नीचे की ओर तब तक अग्रसर होता रहता है, जब तक कि वह परमाफ्रॉस्ट स्तर से मिल नहीं जाता है। इस तरह ग्रीष्म काल के अन्त और शरदकाल के प्रारम्भ में सक्रिय सतह के जमे हुये ऊपरी भाग एवं परमाफ्रॉस्ट स्तर के बीच एक पिघली सतह होती है, जिसका निरन्तर सकुचन होता रहता है। परमाफ्रॉस्ट मण्डल के बीच भी छिट-पुट रूप में कुछ भाग पिघली अवस्था में रहता है। इस तरह के भाग (Unfrozen) को टालिक्स (Taliks) कहते हैं। टालिक्स प्रारम्भिक जलवायु के परिवर्तनों के परिचायक होते हैं। स्मरणीय है कि परमाफ्रॉस्ट एक निश्चित गहराई तक ही मिलता है। उसके नीचे भी पिघला भाग मिलता है। सक्रिय सतह की मोटाई में एक स्थान से दूसरे स्थान पर पर्याप्त भिन्नता होती है, क्योंकि सक्रिय सतह की मोटाई का सम्बन्ध वायु, तापक्रम, सूर्य-ताप की प्राप्ति की मात्रा, मिट्टी की संचालकता (Conductivity), हिमचादर या वनस्पति आवरण द्वारा अवरोधन (Insulation) की मात्रा आदि कारकों पर आधारित होता है। सामान्य रूप में सक्रिय सतह की गहराई 1.5 मीटर से 3 मीटर तक होती है। भ्वाकृतिक दृष्टिकोण से परमाफ्रॉस्ट की तुलना में सक्रिय सतह का अत्यधिक महत्त्व होता है, क्योंकि मौसमी परिवर्तन के साथ हिमीकरण हिम-द्रवो-करण (Freeze thaw) के कारण इस सक्रिय सतह के अन्तर्गत ही तुषार अपक्षय (Frost weathering) या

कॉन्जिलोडेशन Congelifraction—conge lare लैटिन = हिमीकरण या जमना to freeze, fracture = टूटना to break), मृदा-सर्पण (Solifluction) या कॉन्जिलोडेशन (Congeliturvation—लैटिन turbare= गतिशील करना to stir up) या क्रायोटर्बेशन (Cryoturbation—Cryo=तुषार frost) आदि प्रक्रम सर्वाधिक सक्रिय होते हैं। उल्लेखनीय है कि अपक्षय के लिये परमाफ्रॉस्ट का महत्त्व नगण्य होता है, क्योंकि सतत हिमीकरण के फलस्वरूप हिमीकरण-हिम द्रवोकरण चक्र से प्रेरित चट्टानों में फँसाव तथा सकुचन नहीं हो पाता है। अतः अपक्षय एवं स्थलरूपों के निर्माण में सक्रिय सतह का ही महत्त्व होता है।

परमाफ्रॉस्ट के हिम के रूप (Forms of Permafrost Ice)—परमाफ्रॉस्ट में चट्टानें हिमीकृत (Frozen) अवस्था में होती हैं। वास्तव में परमाफ्रॉस्ट का लगभग 80 प्रतिशत भाग हिम का होता है। ब्लैक (R. F. Black) ने 1954 में हिम की मात्रा के आधार पर परमाफ्रॉस्ट की चट्टानों को तीन वर्गों में रखा। प्रथम, अति संतृप्त शैल (Supersaturated rock)—इसमें चट्टानों में स्थित रिक्त स्थानों की अपेक्षा हिम की मात्रा अधिक होती है। द्वितीय, संतृप्त शैल (Saturated rock)—इसमें हिम का आयतन चट्टानों में स्थित रिक्त स्थानों के आयतन के बराबर होता है। तृतीय, अवसंतृप्त शैल (Under-saturated



rock)—इसमे अवसादों के मध्य हिम तो हाता है, परन्तु वह हिम कण के रूप में परिलक्षित नहीं हो पाता है। इस तरह की हिमीकृत शैलों के मण्डल को स्थलमण्डल का हिमीकृत मण्डल (Frozen zone) या क्रायोलिथिक मण्डल (Cryolithic zone) कहते हैं और परमाफास्ट के अध्ययन करने वाले विज्ञान को 'Geocryology' कहते हैं। परमाफास्ट मण्डल में हिम विभिन्न रूपों में पाया जाता है। भूमिगत हिम का वर्गीकरण P A Shumskiy द्वारा 1959 में किया गया था जिसमें आगे चलकर संशोधन करके उसे छ भागों में विभाजित किया गया। इनमें से कुछ (पृथक् कृत हिम शिरा हिम, आम्नातरित हिम, बाह्य हिम आदि) का विधिवत अध्ययन किया गया है तथा उनके भौतिक महत्त्वों का विवेचन भी किया गया है।

### भूमिगत हिम का वर्गीकरण

1. मृदा हिम (Soil ice)
  - (i) सूचिका हिम (Needle ice)
  - (ii) पृथक् कृत हिम (Segregated ice)
  - (iii) छिद्र हिम (Pore ice)
2. शिरा हिम (Vein ice)
  - (i) एकल शिरा हिम (Single vein ice)
  - (ii) बहुल शिरा हिम (Multiple vein ice)

या हिम वेज (Ice wedge)
3. आम्नातरिक हिम (Intrusive ice)
  - (i) पिंगो हिम (Pingo ice)
  - (ii) चादर-हिम (Sheet ice)
4. बाह्य हिम (Extrusive ice)
5. ऊर्ध्वपातन हिम (Sublimation ice)
  - (i) कन्दरा हिम (Cave ice)
6. तिरोहित हिम (Buried ice)
  - (i) तिरोहित प्लावी हिम (Icebergs)
  - (ii) तिरोहित हिमनदीय हिम (Glacial ice)

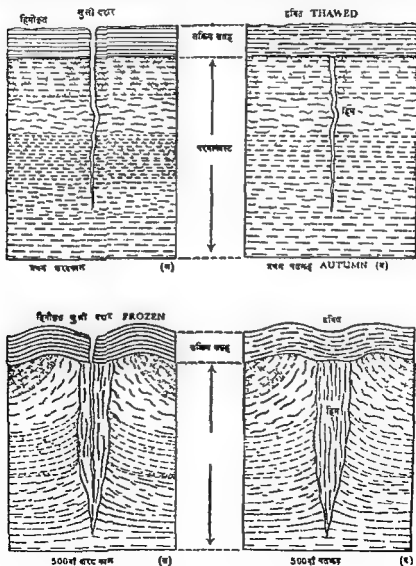
सेप्रीगेटेड हिम का प्रारम्भिक अध्ययन टेबर महोदय (S. Taber, 1929, 1933, 1943) ने किया था। इसे 'टेबर हिम' भी कहा जाता है। टेबर ने क्षेत्र में पर्यवेक्षण तथा प्रयोगशाला में मॉडेल अध्ययन के बाद बताया कि सेप्रीगेटेड हिम का निर्माण चरणात्मक (Selective) होता है अर्थात् यह कुछ निश्चित आकार वाले कणों में ही हो सकता है। उन्होंने बताया कि 0.01 मि० मि० या उसके छोटे कणों में हिम का पृथक्कीकरण आसानी से सम्पन्न होता है। सेप्रीगेटेड हिम कई रूपों में

मिलता है परन्तु उसके दो रूप—हिम लेन्स (Ice lens) या हिम परत (Ice layer) जो कि धरातलीय सतह के समानान्तर होती है, अधिक महत्वपूर्ण या व्यापक होते हैं। हिम लेन्स की मोटाई कभी-कभी कुछ मीटर (टेबर 4 मीटर) तक भी हो जाती है। क्रैसी ने ईगार्का (पनीसी नदी पर) सेप्रीगेटेड हिम की मोटाई 7.6 मीटर तक बतायी है (1939)। सेप्रीगेटेड हिम का सर्वाधिक व्यापक महत्त्व यह होता है कि इसके कारण धरातल में विशेषक उत्थेपन (Differential heaving) होने लगता है जिस कारण धरातलीय सतह असमान हो जाती है, और जब यह पिघलने लगता है तो धरातलीय सतह में घँसाव (विशेषक) होने लगता है और कई सतहों के गड्ढों का निर्माण हो जाता है। इस तरह की प्रक्रिया द्वारा निर्माण सम्बन्धी (मानवीय) कार्यों में पर्याप्त व्यवधान होता है।

हिम शिरायें और वेज (Ice veins and wedges)—परमाफास्ट हिम के महत्वपूर्ण अंग हैं। हिम शिरायें परमाफास्ट क्षेत्र की सक्रिय सतह तथा सतत मण्डल में सम्भवतः नलिकायें होती हैं जिनमें हिम का संचय होता है। हिमशिरा तथा वेज में अन्तर यह होता है कि हिम शिरायें लम्बी किन्तु संकरी नलिकायें होती हैं, जब कि वेज ऊपर की ओर चपटा तथा नीचे की ओर नुकीला होता है। हिम शिरायें कई मि० मि० मोटी होती हैं तथा कभी-कभी 10 मीटर तक की गहराई (लम्बी) तक पहुँच जाती हैं। हिम वेज की ऊपरी मोटाई 10 मीटर तक हो सकती है। हिम वेज का प्रारम्भिक वैज्ञानिक अध्ययन लिफिंगवेल (Lefingwell) द्वारा 1915 में अलास्का के उत्तरी किनारे पर किया गया। वर्तमान समय में हिम वेज की उत्पत्ति से सम्बन्धित कई सिद्धान्त प्रचलित हैं परन्तु अब तक लिफिंगवेल का 'संकुचन फटन सिद्धान्त' (Contraction crack theory) ही अधिक युक्तिमय माना जाता है। इस सिद्धान्त के अनुसार शरदकाल में सक्रिय सतह तथा उसके नीचे परमाफास्ट का ऊपरी भाग जम जाता है। हिमीकरण के फलस्वरूप संकुचन के कारण ऊपरी सतह में एक लम्बवत् नली (दरार) का निर्माण हो जाता है। इसे लिफिंगवेल ने 'संकुचन फटन' बताया है। आगे चलकर इस फटन में हिम-कण भर जाते हैं, जिसमें हिम शिरा (Ice vein) का निर्माण हो जाता है। अगले जाड़े में यह शिरा पुनः खुल (तनाव के कारण) जाती है तथा और चोरी हो जाती है और उसमें अधिक हिम भर जाती है।

इन्होंने बताया कि एक शरदकाल में चौड़ाई में अधिकतम विस्तार 8-10 मि० मी० तक हो पाता है। इस क्रिया की पुनरावृत्ति से (1000 वर्षों तक) विस्तृत वेज का निर्माण हो जाता है। आगे चलकर T. L. Pewe (1962), वाशबर्न, (A. L. Washburn), स्मिथ (D. D. Smith), तथा गोवार्ड (R. H. Goddard) के सम्मिलित कार्यों (1963) से भी सिस्मिगवेल के सिद्धान्त को स्वीकृति मिली। 1963 में टेबर ने हिम शिरा तथा वेज के निर्माण-सम्बन्धी अलग परिकल्पना का प्रतिपादन किया। इन्होंने बताया कि हिमीकरण द्वारा

सक्रिय सतह में संकुचन में फटन अवश्य होती है परन्तु उससे हिम शिरा और वेज का निर्माण नहीं हो सकता। टेबर के अनुसार इसका निर्माण हिम पृथक्कीकरण (Ice segregation) का ही प्रतिफल होता है, परन्तु यह मत मान्य नहीं है। ब्लैक (R.F. Black, 1963) ने बताया कि टेबर का कार्य स्थल डिस्कन्टिन्यूअस परमाफ्रॉस्ट (Discontinuous permafrost) मण्डल था, जहाँ पर संकुचन फटन के कम अवसर होते हैं। पोवी (Pewe) ने 1966 में बताया कि हिमवेज का निर्माण केवल उन्हीं भागों में होता है, जहाँ पर औसत वार्षिक तापक्रम वर्षों तक



चित्र 359—संकुचन-फटन (Contraction crack) सिद्धान्त के अनुसार हिम शिराओं तथा वेज (Wedges) का निर्माण।

—6° से० से भी कम होता है। जब कभी हिम बेज की हिम पिघल जाती है तो उस रिक्त स्थान में घबरा आदि भर जाता है जिस कारण वह सुरक्षित रहता है। इसे फॉसिल हिम बेज (Fossil ice wedge) कहते हैं। चोका (Clay) और सिल्टक हिम बेज आसानी से सुरक्षित रहते हैं परन्तु रेत तथा ग्रीबेड में अवपातन (Slumping) के कारण उनका विनाश हो जाता है। जानसन (G. Johnson) (1959) ने इस तरह के हिम बेज का दिलचस्प विवरण उपस्थित किया है। इन्होंने (1926) द० स्वीडन में ऐसे हिम बेज का पता लगाया है जिनकी गहराई 6 मीटर तथा ऊपरी भाग में चौड़ाई 75 से० मी० है। गैलोवे (R. W. Galloway, 1961) न स्काटलैण्ड में 100 हिम बेज का पता लगाया है तथा कई हिम शिराओं का भी अवलोकन किया है जिनकी गहराई १ मीटर तक बतायी गई है।

#### पारिहिमानी प्रक्रम (Periglacial Processes)

परिहिमानी क्षेत्रों में क्रियाशील प्रक्रमों के विषय में पर्याप्त विवरण का अभाव है। इसके दो प्रमुख कारण बताये जा सकते हैं। प्रथम परिहिमानी जनवायु तथा स्थलाकृति का अध्ययन दूर में प्रारम्भ हुआ है। द्वितीय वैज्ञानिक विषय के कारण तथा परिहिमानी क्षेत्रों व दुर्गम (हिम तथा भूत ताप के कारण) स्थानों में स्थित होने के कारण पर्याप्त अध्ययन का अभाव। इससे होते हुए भी क्षेत्र में पर्यवेक्षण तथा प्रयोगशालाओं में प्रयोग सम्बन्धी अनेक कार्य वैज्ञानिकों द्वारा किये गये हैं। परिहिमानी क्षेत्रों में अपक्षय (Weathering) का महत्त्व ही सबसे अधिक होता है। इस तरह तुषार-अपक्षय (Frost weathering) के अलावा मृदासर्पण (Solifluction) या काजेलीफ्लक्शन (Congelifluction) तुषार-उत्थेयन (Frost heaving and thrusting) निवेष्टन (Nivation), सरिता एवं पवन आदि प्रक्रम भी अपना उत्त्प्रेक्षनीय महत्त्व रखते हैं।

तुषार-अपक्षय (Frost weathering or Congelifraction)—सम्भवतः परिहिमानी क्षेत्रों में तुषार-अपक्षय अर्थात् हिमीकरण-हिम द्रवीकरण (Freeze thaw) को सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण प्रक्रम समझा जाता है यद्यपि इसकी महत्ता में कई विद्वानों में सन्देह प्रकट किया है। तुषार-अपक्षय के लिये परिहिमानी शब्दावली का अन्तर्गत काजेलीफ्लक्शन (Congelifluction) नामावली का प्रयोग किया जाता है। इस प्रक्रिया के अन्तर्गत दिन में हिमद्रवीकरण (Thaw पिघलना) तथा रात में हिमीकरण

(Freeze) की लगातार पुनरावृत्ति के कारण चट्टानों में टूटन (Shattering) होने लगती है, जिस कारण वह टूट कर बिखर जाती है। इस तरह के 'दैनिक हिमीकरण-हिमद्रवीकरण चक्र' द्वारा प्रेरित अपक्षय निश्चित रूप से यावक होता है। परन्तु यह प्रक्रिया इतनी सामान्य नहीं है जैसा कि उपर्युक्त विवरण में दिखायी गयी है। सबसे पहले ग्राव (O. R. Graw, 1936) ने सन्देह प्रकट किया कि माद जन के हिम में परिवर्तन से उत्पन्न फेलाव चट्टानों में टूटन (Shattering) पैदा कर सकता है। उन्होंने बताया कि हिमीकरण-हिमद्रवीकरण एक जटिल प्रक्रिया है जिसमें केवल जल का जमना तथा पिघलना ही महत्त्वपूर्ण नहीं होता है बल्कि उसका सम्बन्ध 'दाब-तापक्रम में सम्बन्ध', हिमीकरण की सक्रियता तथा उसकी अवधि तथा हिमीकरण की दर आदि कारकों से भी होता है। फ्रैसर (J. K. Fraser, 1959) ने हागबाल तथा लिक्निगेल के इस मत को, कि 'उच्च-अक्षांशों की जनवायु हिमीकरण-हिमद्रवीकरण अवस्था (कार्जेलीफ्लक्शन) के लिए उपयुक्त नहीं होती है' को फनाडा में हिमीकरण-हिमद्रवीकरण चक्र के अध्ययन के आधार पर पूर्ण समर्थन प्रदान किया है। कुक तथा रस (F. A. Cook and V. G. Raiche, 1962) ने भी आर्कटिक क्षेत्रों में अध्ययन के बाद यही बताया कि यहाँ पर हिमीकरण-हिमद्रवीकरण का प्रभाव नगण्य होता है। ट्रॉल (C. Troll, 1944) ने विश्व सर्वेक्षण के आधार पर बताया कि हिमीकरण-हिमद्रवीकरण निचले अक्षांशों के उच्च भागों (गण्डीज पर्वत) में उच्च अक्षांशों की अपेक्षा अधिक सक्रिय होता है। कुछ विद्वानों ने प्रयोगशालाओं में शीत-स्थित नमों के हिमीकरण की विभिन्न दरों (तेज rapid तथा मन्द) का महत्त्व का भी अध्ययन किया है (ट्रिकार्ट-J. Tricart, 1956 तथा विमन-S. Wiman 1963) परन्तु किसी निश्चित मत का प्रतिपादन नहीं किया जा सका है क्योंकि दोनों के निष्कर्ष परस्पर विरोधी निकले।

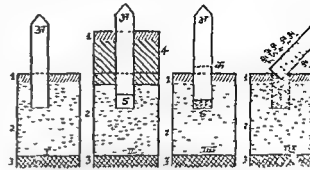
परिहिमानी क्षेत्रों में शैलों का अपक्षय की अन्य विधियों पर विद्वानों ने बहुत कम ध्यान दिया है। टेंबेरन 1943 में बताया कि तापक्रम में अचानक बड़े पैमाने पर विराट हो जाने से भी चट्टानें टूटकर बिखरने लगती हैं। A. Cailleux ने 1963 तथा Z. Czeppe ने 1964 में यह स्वीकार किया कि परिहिमानी क्षेत्रों में गामावर्तक अपक्षय भी अवश्य होता है। लेकिन इस सम्बन्ध में और अध्ययन तथा शोध की आवश्यकता है।

**तुषार-उत्क्षेपण (Frost Heaving)**—तुषार-उत्क्षेपण प्रक्रम वास्तव में हिमीकरण-हिमद्रव्यीकरण का ही प्रतिफल होता है। इसे एक अलग अस्तित्व इसलिये दिया जाता है कि इस प्रक्रम द्वारा चट्टानों में टूटन न होकर धरातलीय सतह में उत्क्षेपण या उभार होता है तथा कई प्रकार के विशिष्ट स्थलरूपों का निर्माण होता है। सुमनिन ने 1947 में बताया कि “तुषार-उत्क्षेपण धरातल में उठाव तथा घंसाव (Bulging and subsidence) होता है।”

रात के समय चट्टानों में स्थित जल का हिमीकरण हो जाता है तथा दिन में वह पिघल जाता है। हिमीकरण के फलस्वरूप जल के आयतन में 9 से 10 प्रतिशत तक वृद्धि हो जाती है। कभी-कभी कुछ जल वाष्प श्रोत से भी इन चट्टानों में पहुँच जाता है जो कि जम जाता है, इस तरह हिमीकरण से आयतन वृद्धि के कारण उस शैल परत का विस्तार होता है, जिस कारण उसके ऊपरी धरातल से उठाव होने लगता है। दिन में जमी परत पिघल जाती है, जिस कारण उसके ऊपर बाला भाग नीचे घँसक जाता है, जिस कारण गड्ढों का निर्माण हो जाता है। परन्तु यह प्रक्रिया इतनी सरल न होकर अत्यन्त जटिल होती है। तुषार-उत्क्षेपण में धरातल में उठाव-ऊर्ध्वाधर या लम्बवत संचलन के कारण होता है। इसी से मिलती-जुलती उठाव की एक और प्रक्रिया होती है, जिसमें उत्क्षेपण क्षैतिज संचलन के कारण होता है। उत्क्षेपण का कार्य सेरीनेटेड हिम द्वारा भी होता है। यदि सक्रिय सतह में पत्थरों के टुकड़े तथा कंकड़ आदि होते हैं तो रात में उनके नीचे हिमीकरण अधिक होता है क्योंकि ये ताप के सुचालक होते हैं। हिमीकरण के समय आयतन में वृद्धि के साथ पत्थर के टुकड़े आदि ऊपर उठ जाते हैं, और जब दिन में वह पिघलता है तो ये पत्थर अपने मूलिक स्थान तक नहीं पहुँच पाते क्योंकि उनके नीचे स्थित रिक्त स्थान (Cavity) में आस-पास से मिट्टियाँ आकर भर जाती हैं। इस क्रिया के पुनरावृत्ति से पत्थर के टुकड़े निरन्तर ऊपर उठते जाते हैं तथा धरातल के ऊपर प्रकट हो जाते हैं। शीत प्रधान देशों में पुरानी कहावत कि “मिट्टी से पत्थर पैदा होते हैं—Stones grow in the soil” के पीछे यही वैज्ञानिक तथ्य छिपा है।

तुषार-उत्क्षेपण की प्रक्रिया को बेलोक्रायलोव (Belokrylov, I) के उदाहरण द्वारा भली-भाँति समझा जा सकता है। चित्र 360 में बेलोक्रायलोव के प्रयोग को प्रस्तुत किया गया है, जिसमें उत्क्षेपण द्वारा सकड़ी का

एक लट्ठा जो कि सक्रिय सतह में गाड़ दिया गया था, अन्तिम अवस्था में पूर्णतया ऊपर निकल आया है तथा उसके स्थान पर एक लम्बी कोटर (Cavity) बन गई है, जिसमें मलवा (सिल्ट) भर गया है।



चित्र 360—तुषार उत्क्षेपण द्वारा सकड़ी के लट्ठे का ऊपर उठना तथा कोटर का निर्माण। (अ) मिट्टी में गड़ा सकड़ी का लट्ठा, I IV उत्क्षेपण की अवस्थाएँ, 1. खूमस मिट्टी की तह, 2. आर्द्र रेतीली दोमट मिट्टी, 3. परमाफास्ट की ऊपरी सतह, 4. मौसमी हिमीकृत सतह, 5. हिमीकरण के समय लट्ठे के ऊपर उठने के कारण कोटर का निर्माण, 6. कोटर का सिल्ट से भराव तथा क<sup>1</sup>—क<sup>4</sup> उत्प्रेक्षण की क्रमिक अवस्थाएँ।

[बेलोक्रायलोव के आधार पर।]

**मृदा-सर्पण (Solifluction)**—यदि परमाफास्ट परिहिमानी क्षेत्रों का सबसे चमत्कारी अंग होता है तो सम्भवतः मृदासर्पण सबसे महत्वपूर्ण और विशिष्ट भू-आकृति प्रक्रम होता है—“Permafrost may be regarded with justice as the most striking phenomenon of periglacial areas but solifluction is probably the most important and characteristic geomorphological process” (R. J. Small, 1970)। मृदासर्पण का कार्य-स्थल केवल सक्रिय सतह (Active layer) में ही सीमित होता है। मृदासर्पण वह प्रक्रिया होती है जिसके अन्तर्गत जलमिश्रित मिट्टियों का समूह या मिश्रित मलवा का समूह ढाल के निचले भाग की ओर गुरुत्व के कारण सरकता है, यद्यपि जल का स्नेहन (Lubrication) कार्य भी इसमें सहायक होता है। मृदासर्पण के लिये परमाफास्ट क्षेत्र सर्वाधिक आदर्श होते हैं। परन्तु मौसमी या दैनिक रूप से हिमिकृत क्षेत्रों (Toll, 1944) में भी यह प्रक्रिया सम्पन्न होती है। परमाफास्ट क्षेत्र में वसन्त काल में सक्रिय सतह पिघल जाती है परन्तु यह जल परमाफास्ट की स्थिति के कारण



नीचे नहीं जा पाता है। अतः वह मृदासर्पण में सहायक होता है। परमाफास्ट के ऊपर जलमिश्रित मलबा का भार बढ़ जाता है, आन्तरिक रगड़ कम हो जाती है, परिणामस्वरूप गुरुत्व से प्रेरित होकर मलबा नीचे की ओर सरकने लगता है।

मृदासर्पण की प्रक्रिया अत्यन्त जटिल है। शरदकाल में परमाफास्ट के ऊपर स्थित सक्रिय मलह का हिमीकरण हो जाता है, जिस कारण उसमें पर्याप्त प्रसार एवं विस्तार हो जाता है। इस जमीन सतह में अनेक छिद्र कोटर (Cavity), गिरावे (Veins) आदि निर्मित हो जाते हैं, जिस कारण शैल-कण ढोले पड़ जाते हैं और ममस्त-शैल परत का सघटन शिथिल पड़ जाता है। ग्रीष्मकाल से आगमन के साथ ही सक्रिय मलह में हिम-द्रवीकरण (Thawing) प्रारम्भ हो जाता है। मिट्टी के प्रत्येक कण (ढोले) अपने ही जल से आवृत्त हो जाते हैं। यह जल उसमें स्नेहल (Lubrication) का कार्य करता है। इस तरह मृदा-सर्पण ढाल के निचले भाग की ओर प्रारम्भ हो जाता है। स्मरणीय है कि मृदासर्पण ग्रीष्म-काल के प्रारम्भिक चरण में ही सर्वाधिक सक्रिय होता है। अधिक ताप के कारण जल गूँघ जाग पर गपेण स्थित हो जाता है। यदि इसका वाद जन-वर्षा भी हो तो पुनः सर्पण नहीं हो पाता है, क्योंकि सूखने के कारण मिट्टी सघटित हो गई रहती है। इस तरह ग्रीष्मकाल के अन्त में समस्त सक्रिय मलह के पिघल जाने से तथा जन-वर्षा से जल की मात्रा इतनी अधिक हो जाती है कि मृदासर्पण का स्थान मरिचाले से लेती है। घरातयीय हिम (शिरा हिम, बेज हिम आदि) का निर्माण भी मलबा के सर्पण में सहायक होता है। उदाहरण के लिये पिपक्रैकर (Pipcraker—सूचिका हिम) के निर्माण से छोटे-छोटे प्रस्तर-कण ढाल के समकोण पर ऊपर उठा दिये जाते हैं। जब इनका (पिपक्रैकर) हिमद्रवीकरण होता है तो उत्क्षेपित प्रस्तर-कण लम्बवत् रूप में नीचे गिरने लगते हैं तथा एक हिमीकरण-हिमद्रवण चक्र के अन्तर्गत ढाल के निचले भाग की ओर ये प्रस्तर-कण विस्थापित हो जाते हैं। स्पष्ट है कि इस तरह का सर्पण अत्यन्त मन्द होता है।

परिहिमानी क्षेत्रों में मृदासर्पण के दो प्रकार बताये जाते हैं—प्रथम, 'मिश्रित मलबावाह' (Flow of water-soaked debris)—सक्रिय मलह के ग्रीष्मकाल में हिम-द्रवण (Thaw) के कारण सम्पन्न होता है। द्वितीय, 'नुवार सर्पण' (Frost creep)—ढाल पर स्थित मलबा

के क्रमशः जमने और पिघलने से प्रेरित होता है। प्रथम में जल तथा द्वितीय में नुवार-उत्क्षेपण (Frost heaving) सर्पण को प्रेरित करते हैं।

मृदासर्पण की वास्तविक गति पर मलबा का स्वभाव, ढाल का कोण (यद्यपि  $2^{\circ}$ - $3^{\circ}$  के मन्द ढाल पर भी परिहिमानी क्षेत्र में मृदासर्पण होता है, वनस्पति आवरण (वनस्पति का आवरण मृदासर्पण में अवरोध उत्पन्न करता है), मिट्टी में जल की मात्रा, मृदासर्पण के प्रकार आदि कारकों का प्रभाव होता है।  $10^{\circ}$ - $15^{\circ}$  वाले ढालों पर मृदासर्पण की गति 2-5 स. मी. प्रति वर्ष देखी गई है। यही सर्पण आर्द्र शीतोष्ण भागों (जहाँ पर परिहिमानी क्षेत्र नहीं होते हैं) में कई गुनी गति से सम्पादित होता है। स्मरणीय है कि मृदासर्पण से समस्त सक्रिय मलह प्रभावित नहीं होती है वरन् केवल 50-60 स. मी. तक की गहराई तक ही सर्पण सक्रिय होता है।

परिहिमानी क्षेत्रों में मृदासर्पण परिवहन का कार्य करता है, जिसके दौरान नुवार-अवसय (Gongelirac-tion) में प्राप्त मलबा का ढाल के निचले भाग की ओर मामूळिक स्थानान्तरण किया जाता है। इसी दौरान मृदासर्पण अपरदन (Congeliturbauon) का भी कार्य करता है, जिससे पहाड़ियों की चोटियाँ घिसकर नीची हो जाती हैं। मृदासर्पण का आकृतिक (Morphological) मन्त्रस्व भी अधिक होता है, क्योंकि सर्पण की गति में भिन्नता के कारण कई प्रमुख तथा गौण स्थलाकृतियाँ बन जाती हैं। उनमें उत्क्षेपीय हैं—प्रस्तर तट मुक्त लोब (Stone banked lobe) प्रस्तर बेदिका (Stone terrace), सतृण तटोय लोब तथा बेदिका (Turf-ban-cked lobes and terraces), प्रस्तर सात्ता (Stone stream), धूमिगुडन (Earth-wrinkle) आदि।

निवेगन (Nivation)—निवेगन एक विवादास्पद प्रक्रम है, जिसका सम्बन्ध हिमच्छद (Snow patch) से होता है जो कि या तो स्थायी होता है या अर्द्ध-स्थायी (Semi-stationary)। स्थायी हिम-च्छद के अपरदना-कार्य के लिये निवेगन नामावली का प्रयोग सर्वप्रथम F. E. Matthes ने 1900 में किया। वर्तमान परि-हिमानी क्षेत्रों में स्थित गहरे कोटरों (Deep hollows) जिनमें कि हिम छण्ड स्थित है, का निर्माण निवेगन द्वारा बताया गया है। प्रारम्भ में किसी सामान्य कोटर में हिम का संचयन हो जाता है जो 'हिम-छण्ड अपरदन' (Snow-patch erosion-Nivation) द्वारा निरन्तर बढ़ता जाता

है। परन्तु निवेशन की प्रक्रिया अत्यन्त जटिल है जिसमें कई उपक्रम मिश्रित रूप से कार्य करते हैं। चूंकि हिम-खण्ड में गति नहीं होती है, अतः उससे किसी भी प्रकार के अपघर्षण (Corrasion) का वाधास नहीं मिलता है। परिणामस्वरूप 'हिम-खण्ड अपरदन' नामावली उपयुक्त नहीं है।

निवेशन में सर्वाधिक महत्वपूर्ण प्रक्रम हिमीकरण-हिमद्रवण (Freeze-thaw) होता है। लेविस (W V Levis) ने 1935 तथा 1936 में आइसलैण्ड में हिम-खण्ड के अध्ययन के बाद बताया कि ग्रीष्मकाल में हिम के निचले भाग में हिम-द्रवण (Melting) प्रारम्भ हो जाता है और सर्दकाल में समस्त हिमखण्ड जम जाता है। इस हिमीकरण-हिमद्रवण का प्रभाव हिम-खण्ड के नीचे स्थित धरातलीय सतह के सबसे ऊपरी भाग पर होता है। इस कारण धरातलीय सतह की कमजोर शैल में टूटन होने से बारीक पदार्थ बन जाते हैं जिनका परिवहन हिम के पिघलने से प्राप्त जल से होता रहता है। इस क्रिया की पुनरावृत्ति के कारण हिम खण्ड के नीचे कोटर का निर्माण हो जाता है, जिसकी गहराई निरन्तर बढ़ती जाती है, जिसमें हिम-खण्ड अपने को मगारोजित (Adjust) करता है। स्मरणीय है कि हिम निचले धरातल को संरक्षण प्रदान करता है। अतः हिम खण्ड उसी समय निवेशन के लिए प्रेरक हो सकता है जबकि परमा-मास्ट के ऊपर हिम का हल्का आवरण हो या बिना जमे हुए धरातल के ऊपर हल्का हिमावरण हो। हिम-खण्ड क्षेत्र में हिमीकरण-हिमद्रवण की प्रक्रिया हिमखण्डों के सीमावर्ती भागों में सर्वाधिक सक्रिय होती है और उनमें नीचे कुछ सीमित गहराई तक ही सक्रिय होती है। अब धरातल का अपरदनात्मक (हिमखण्ड द्वारा निवेशन) कार्य तभी सम्भन हो सकता है जबकि कजिलीकेशन से प्राप्त मलवा का परिवहन हो जाय। विद्वानों ने पदार्थों के स्थानान्तरण (Removal of weathered materials) के लिये हिम-द्रवित जल (Meltwater) तथा मृदासर्पण (Solifluction) को प्रभावशाली बताया है। एकब्ला (W. E Ekblaw) ने 1918 में हिम के नीचे पदार्थों के परिवहन में मृदा-सर्पण को पूर्ण समर्थ बताया। लेविस ने भी 1936 में मृदासर्पण को प्रमुख परिवहनकर्ता माना परन्तु 1939 में हिमद्रवण जल को स्वीकृति प्रदान की। इसी तरह पैटर्सन (T T. Paterson) ने 1951 में तथा बाच ने 1946 में मृदासर्पण को ही हिमद्रवण जल की अपेक्षा अधिक प्रभावशाली बताया।

बिलियम्स (J. E. Williams) ने 1949 में निवेशन के साथ रामायनिक अपक्षय का भी नाता जोड़ दिया। उन्होंने कैलीफोर्निया के सन मैग्गियल पर हिम-खण्ड (Snow-patch) के अध्ययन के आधार पर बताया कि हिम-खण्ड के नीचे हिमीकरण-हिमद्रवण (Freeze-thaw) सम्भव नहीं हो सकता है। इन्होंने बताया कि हिम-खण्ड में कार्बन डाइ-आक्साइड का संचयन बहुत अधिक होता है, जिससे रासायनिक अपक्षय में तेजी आ जाती है। बिलियम्स का मत निश्चय ही अतिशयोक्ति पूर्ण है। कुछ रामायनिक अपक्षय ऐसे क्षेत्रों में अवश्य होता है। जहाँ पर हिम-खण्ड के नीचे चूनेदार (Calcareous) चट्टानें स्थित होती हैं।

निवेशन के साथ हिमद्रवण जल (Melt-water) के अपरदनात्मक कार्य का भी सम्बन्ध राकी (W A. Rockie) द्वारा 1951 में, निचोल्स (R. L. Nichols) द्वारा 1963 में बताया गया है। राकी ने बताया कि हिम-खण्ड के पिघलने से प्राप्त जल आगे बढ़ता है तो अपघर्षण द्वारा अवनलिकाओं (Rills) तथा नलिकाओं (Gullies) का रूप धारण कर लेता है। परन्तु लेविस ने हिमद्रवण जल को परिवहनकर्ता (Transporting agent) के रूप में स्वीकार किया है।

कुछ विद्वानों ने हिमखण्ड में कुछ गति का प्रतिपादन किया है तथा बताया है कि इसमें कुछ अपरदन सम्भव हो जाता है। कोस्टिन, जेनिंस, स्लेक तथा टाम (A. B. Costin, J N Jennings, H P Black and B. G Thom) ने सम्मिलित रूप से 1964 में बताया कि हिम-खण्ड में मन्द गति द्वारा धरातलीय अपघर्षण (Abrasion) अवश्य होता है, परन्तु बड़े पैमाने पर नहीं। परन्तु Matthes ने हिम खण्ड में किसी भी प्रकार की गति का अवलोकन नहीं किया था, यद्यपि कोस्टिन आदि का कार्य Matthes से 64 वर्ष आगे का है। कुछ अतिशयवादी विद्वानों ने तो निवेशन को पूर्णतया अस्वीकार कर दिया है। M Boye ने तो यहाँ तक कह डाला है कि यदि हिम स्थायी होता है तो उससे अपरदन की बात ही क्यों की जाती है? परन्तु निवेशन प्रक्रिया, इस तरह उपेक्षित समीचीन नहीं जान पड़ता। कम से कम हिमखण्ड के किनारों पर तो 'हिमीकरण—हिमद्रवण' का प्रभाव अवश्य होता है तथा यदि हिम का पिघलना सतोपजनक हो जाता है तो उसका बहाव (अपकालिक ही नहीं) धरातलीय सतह पर घुसकर कुछ अपघर्षण अवश्य कर सकता है। निवेशन के अपरदनात्मक कार्य

द्वारा निक्षेपण कोटर (Nivation hollow) तथा निक्षेपण से मृदासर्पण वेदिका तथा प्लेटफार्म (Solifluction terraces and platforms) तथा निक्षेपण बटक (Nivation ridge) प्रमुख है।

**क्षलीय प्रक्रम (Fluvial Process)**—परिहिमानी क्षेत्रों में सरितायें सामयिक होती हैं। वसन्तकाल में ताप में वृद्धि के कारण हिम के पिघलने से अचानक जल की पूर्ति होती है, जिससे सरितायें बह निकलती हैं। परन्तु कालोसोई बहान द्वारा प्राप्त मलबा इतना अधिक होता है कि सरिता अतिभारित (Over loaded) हो जाती है। उसकी घाटी चौड़ी हो जाती है जिसमें मलबा फँस जाता है। यही कारण है कि सरिता की अपरदनात्मक सामर्थ्य नगण्य हो जाती है और वह परिवहन कारक (Transporting agent) बन कर रह जाती है। उल्लेखनीय है कि यदि परिहिमानी सरितायें मलबा का परिवहन करती हैं और उनमें गति होती है तो उनमें होने वाले अपघर्षण को झुलसाया नहीं जा सकता। समस्या ने अब नया मोड़ ले लिया है। आइये, अब देखा जाय कि इस क्षेत्र में बाहिर विद्वान् लोग क्या कहते हैं। वेल्डियर कहते हैं कि सरिताओं का अपरदनात्मक कार्य नगण्य होता है। य केवल अपघर्षण तथा मृदासर्पण में प्रदान किये गये मलबा का परिवहन मात्र करती हैं। जेनीस (J. L. Jenes, 1952) के मोर्चने का ढग निराशा है। आप सरिताओं द्वारा अपघर्षण की मान्यता दे देंगे कि तब अपने प्रमाण में आर्कटिक कनाडा से 61 से 91 भो० गूहरे वीड्ड (Ravines) छोज निकालें। इन वीड्डों का निर्माण निश्चय ही परिहिमानी सरिताओं द्वारा सम्भवतः (Vertical) अपघर्षण द्वारा हुआ है। फ्रेन्च विद्वान् कॉर्बेल (J. Corbel, 1961) इन दोनों के बीच समन्वय स्थापित करते हुए लिखते हैं कि सरिता द्वारा अपघर्षण का होना या न होना परिहिमानी जलवायु की विशेषता पर, आधारित होता है। सागरीय आर्कटिक जलवायु में भारी वर्षा के कारण नदियों का वेग बढ़ जाता है, जिस कारण वह अपघर्षण आदि से प्राप्त मलबा का परिवहन करते हुए वेग से प्रवाहित होती हैं, जिस कारण सम्भवतः अपघर्षण होने से नदियों की घाटियाँ V आकार की हो जाती हैं। महादीपीय आर्कटिक जलवायु में अपघर्षण से मलबा अधिक प्राप्त होता है सरिता में जल का आवाहन कम होता है परिणामस्वरूप सरिता अतिभारित हो जाती है और अपघर्षण नहीं हो पाता है।

**पवन का कार्य (Wind Action)**—परिहिमानी

क्षेत्रों में पवन के अपरदनात्मक एवं निक्षेपात्मक कार्य का स्वीकरण प्रायः एक विद्वान् द्वारा किया गया है। परन्तु पवन कुछ निश्चित दशाओं में ही कार्य करती है। इसके लिए शुष्क शीत परिहिमानी जलवायु होनी चाहिए। वेल्डियर ने बताया कि पवन का कार्य 'परिहिमानी चक्र' (Periglacial cycle) की अन्तिम अवस्था में सक्रिय होता है, क्योंकि इस समय कालोसोई बहान एवं मृदासर्पण के कारण तीव्र ढाल घिसकर मन्द (5°) हो जाते हैं तथा मलबा बारीक हो जाता है, जिसे पवन आसानी से उड़ा सकती है। परिहिमानी क्षेत्रों में पवन के अपघर्षण में खूबिदार स्तरांग सतह (Grooved bedrock surface) तथा तिपहत (Ventifacts) एवं जमाव द्वारा लीयस बालुका स्तूप आदि स्थलरूपों का निर्माण होता है।

**निष्कर्ष**—यदि परिहिमानी प्रक्रमों के अपघर्षण (कालोसोई बहान) तथा अपरदनात्मक (कालोसोई बहान) कार्यों की क्षमता को उपर्युक्त विवरण के परिवेश में देखा जाय तो माफ स्पष्ट हो जाता है कि विद्वानों का बहुमत पक्ष में ही पड़ता है। कुल मिलाकर परिहिमानी प्रक्रम प्रभावित क्षेत्र के उच्चावच को निम्नीकरण (Degradation) तथा अभिवृद्धि (Aggradation जमाव) द्वारा नीचा एवं सपाट करने का प्रयास करते हैं। Cairnes का तुषार-सपाटीकरण (Cryoplanation -1912) या सपाटीकरण (Equiplanation), उष्ण तथा शीतोष्ण आदि प्रदेशों में पेनीप्लेनेशन (Peneplanation) में पूर्णतया साम्य रचना है, नभी नो वेल्डियर ने परिहिमानी चक्र (Periglacial cycle) का प्रतिपादन कर डाला है। परन्तु परिहिमानी प्रक्रमों के सपाटीकरण की सामर्थ्य में सन्देह रह ही जाता है।

**परिहिमानी स्थलरूपों का जननिक वर्गीकरण**

(Genetic Classification of Periglacial Landforms)

—लेखक

**वर्गीकरण के आधार**—परिहिमानी स्थलरूपों का एक जननिक वर्गीकरण (Genetic classification) प्रस्तुत किया जा सकता है यद्यपि अभी तक विद्वानगण उन निर्माण की प्रक्रिया पर एक मत नहीं हो सके हैं। इतना ही नहीं कुछ स्थलरूपों की परिहिमानी उत्पत्ति में गिष्य में सन्देह भी प्रकट किया गया है (उन क्षेत्रों में स्थलरूप जो अभी परिहिमानी जलवायु के अन्तर्गत हैं, परन्तु अब शीतोष्ण जलवायु क्षेत्र में आ गये हैं)। मच तो यह है कि किन्हीं भी स्थलरूप के निर्माण में, कुछ अपवादों को छोड़ कर, एक से अधिक प्रक्रम सक्रिय होते हैं। ऐसी स्थिति

में स्थलरूपों का वर्गीकरण उम्र प्रक्रम के नाम पर किया जायेगा, जिसका प्रभुत्व सर्वाधिक होता है। दूसरी कठिनाई इन स्थलरूपों की प्रादेशिक असमानता की है, क्योंकि परिहिमानी जलवायु की परिभाषा इतनी विस्तृत है तथा परिहिमानी क्षेत्र में इतने विभिन्न हैं कि इन स्थलरूपों (एक ही कोटि के) में समानता का न होना आश्चर्यजनक बात नहीं रह जाती। यह असमानता उत्पत्ति सम्बन्धी, आकार सम्बन्धी तथा रूप सम्बन्धी हो सकती है। इन असमानताओं पर परमाफ्रॉस्ट, सक्रिय, सतह, हिमावरण, भूवैज्ञानिक संरचना, वातस्थितिक आवरण तथा परिहिमानी प्रक्रमों की सक्रियता का प्रभाव पड़ता है। मुख्य विभाजन यथासम्भव निर्माणक प्रक्रम के आधार पर किया जायेगा। गोल विभाजन के आधार आवश्यकतानुसार अलग-अलग स्थानों पर अलग-अलग होंगे, जैसे आकार, रूप, प्रणाली, अवस्था, अपरदन, विशेष आदि। जहाँ पर किसी स्थलरूप के निर्माण में जो प्रक्रम सक्रिय होते हैं उन्हें सांकेतिक अक्षरों द्वारा इंगित किया गया है। जैसे C—Congelifraction, F H—Frost Heave, S—Solifluction तथा N—Nivation.

### जननिक वर्गीकरण (लेखक का वर्गीकरण)

1. तुपार-अवक्षय-जनित स्थलरूप।  
(Congelifractate Landforms)
- .. अन्तर्वलन FH, C  
(रूप के आधार पर)  
अ. बलित अन्तर्वलन (Fold Involution)  
ब. स्तम्भाकार अन्तर्वलन (Pillar Involution)  
.. अस्फाट अन्तर्वलन (Amorphous Involution)
- ii गिरिका (Hummock) C  
(रूप के आधार पर)  
अ. भू-गिरिका (Earth Hummock)  
ब. तृण गिरिका (Turf Hummock)  
स. (Mima Mound—उ० प० उत्तरी अमेरिका)
- iii पिन्गो (Pingo) C  
क—(रूप के आधार पर)  
अ. बर्तुल शिखरीय पिन्गो (Rounded Top Pingo) या  
अवरुद्ध (बन्द) पिन्गो (Closed Pingo)  
ब. ऊँटार युक्त पिन्गो (Crater-Pingo) या  
अनावरुद्ध पिन्गो (Open Pingo)  
घ—प्रादेशिक विशेषता के आधार पर।

- अ. मेकेन्जी तुल्य पिन्गो।  
ब. पूर्वी ग्रीनलैण्ड तुल्य पिन्गो।  
ग—फासिल (पुरातन) पिन्गो।  
अ वृत्ताकार।  
ब अर्द्ध वृत्ताकार।
- iv थर्मोकार्स्ट (Thermokarst) C  
क—बृहदाकार स्थलरूप (Macro-landforms)  
(सतह से नीचे घँसकने के कारण)  
अ थर्मोकार्स्ट झील या हिमद्रवण झील,  
(Thermokarst or Thaw Lakes)  
ब कुन्डावतरण अवतलन (Cauldron-Subsidence) या  
अवतलन बेसिन (Subsidence Basin)  
म शुष्क घाटियाँ।  
न कन्दराये (सतह के घँसकन के पूर्व)  
ख—लघुाकार स्थलरूप (Micro-landforms)  
(सतह से घँसकन के कारण)  
अ कीपाकार कुन्ड और गर्त।  
(Funnel shaped sink and pit)  
ब अवतरण गन्ध (Sink Holes)  
ग—फासिल थर्मोकार्स्ट।
- v. तुपार-जनित क्लिफ (Frost-riven cliff)
- iv तुपार जनित बहुभुज (Frost polygons)
- 2 प्रणालीकृत या क्रमिक घरातल FH, S  
(Patterned Ground)  
(रूप के आधार पर)  
क—मन्द ढाल पर स्थित।  
अ प्रस्तर वृत्त (Stone Circles . sorted and unsorted)  
ब प्रस्तर जाल (Stone Nets . sorted and unsorted)  
म प्रस्तर बहुभुज (Stone Polygons : sorted and unsorted)  
म—तीव्र ढाल पर स्थित।  
अ. प्रस्तर माला (Stone Garlands : sorted and unsorted)  
ब. प्रस्तर पट्टी (Stone Stripes : sorted and unsorted)
- 3 विकृत घरातल FH, C  
(Contorted Surface)  
अ. तुपार-उत्क्षेपण-जनित विकृत सतह।

ब हिमीकरण-हिमद्रवण (Freeze-thaw) जनित विकृत सतह ।

4 मृदासर्पण-जनित स्थलरूप (Solifluctate landforms)

i मृदासर्पण की गति में भिन्नता के कारण जनित स्थलरूप ।

क—मृदा सर्पण वेदिका

अ प्रस्तर तट-वेदिका (Stone-banked Terrace)

ब. सतृण तट-वेदिका (Turf-banked Terrace)

ख—मृदासर्पण लोब ।

अ प्रस्तर-तट (Stone-banked Lobe)

ब सतृण-तट लोब (Turf-banked Lobe)

ग—विकृत सतह (Plication)

ii. निक्षेप-जनित स्वरूप ।

अ भग्नाश्म राशि (Talus or Scree)

ब स्तरीकृत भग्नाश्म राशि (Stratified Scree)

iii प्रस्तर सरिता (Stone stream)

5. तुंग सपाटीकरण-जनित स्थलरूप S, N, FH, C (Altiplanation Landforms)

(उच्चस्थ स्थलरूप-High altitude landforms)

i तुंगार अपरदन-जन्य किन्तु गतिशील मृदा-आवरण

अ तुंग सपाटीकरण वेदिका (Altiplanation Terraces)

ii. विशेषक अवधय (Differential Weathering) जनित ।

अ (Tors)

ब क्लिफ (Frost-riven cliffs)

iii निक्षेप-जनित स्थलरूप

अ ब्लॉक छण्डागार या ब्लॉक फील्ड्स (Block Fields)

ब प्रस्तर सरिता (Stone Streams)

स बोलार्म क्षेत्र (Boulder Fields)

6 नाइवेशन जनित स्थलरूप

(Nivation Landforms)

(हिम-खण्ड सम्मिश्रित (Snow-patches) स्थलरूप)

अ. अपरदनात्मक स्थलरूप ।

क—नाइवेशन कोटर (Nivation Hollows)

हिम खण्ड के अकार के आधार पर)

अ अनुदैर्घ्य (Longitudinal) कोटर ।

ब. अनुप्रस्थ (Transverse)

स वृत्ताकार स्थलरूप ।

ii. निक्षेप जनित स्थलरूप ।

अ नाइवेशन वेदिका ।

ब नाइवेशन चतूतरा (Platform)

स कटक (Ridges)

द. नाइवेशन पख (Fans)

7 पवनकृत स्थलरूप (Eolian Landforms)

i. अपरदनात्मक स्थलरूप ।

अ. खाँचिदार स्तरशील सतह (Grooved-bedrock Surface)

ब. तिपहल (Ventifacts)

ii निक्षेपात्मक स्थलरूप ।

क—विकीर्ण या अव्यवस्थित निक्षेप । (Disseminated deposits)

अ रेत (Sand)

ब सिल्ट (Silt)

ख—व्यवस्थित निक्षेप ।

अ परिहिमानी लोयस ।

ब परिहिमानी बालुका स्तूप ।

8 सरिता जन्म स्थलरूप

अ. असममित घाटियाँ ।

(Asymmetrical Valleys)

अन्तर्वलन (Involutions)—परमाफास्ट क्षेत्रों में सतह के नीचे असंगठित पदार्थों वाले स्तरीकृत जमाव में जब आकुचन या सरोच उत्पन्न हो जाता है तो एक जमाव का दूसरे में प्रवेश हो जाता है, जिस कारण उनका रूप विकृत (Contortion) हो जाता है । इस तरह की आकृति के लिए अन्तर्वलन या इन्वोल्टन नामावली का प्रयोग किया जाता है । कभी-कभी इन स्तरों का अन्तर्वेधन (Interpenetration) इतना अधिक हो जाता है कि उनका रूप इतना विकृत हो जाता है कि उनके मौलिक रूप की पहचान करना कठिन हो जाता है । ए० जान (1956) ने अन्तर्वलन को दो प्रकारों—वसित स्तर तथा अनियमित संरचना (Amorphous structures)—में विभाजित किया है । अन्तर्वलन की उत्पत्ति से सम्बन्धित दो परिकल्पनाएँ उल्लेख्य हैं । (1) परमाफास्ट तल तथा उसके ऊपर स्थित नवीन हिमीकृत सतह के बीच स्थित प्लास्टिक सतह (लोचदार या मुलायम सतह का आकुचन होने से अन्तर्वलन का निर्माण होता है । परमाफास्ट तल (Table) जितना ही धरातलीय सतह में नीचा होगा तथा सक्रिय सतह की

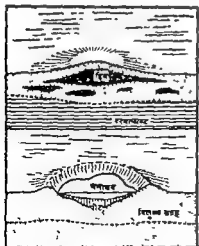


मीटर तक तथा व्यास कुछ मीटर से 300 मीटर तक होती है। छोटे पिण्डों का ऊपरी भाग गोलाकार होता है, परन्तु बड़े पिण्डों के ऊपरी भाग में टूटने के कारण ऊँटार बन जाते हैं, जिसमें जलाशय बन जाया करता है। भेद्यीय विशेषताओं के आधार पर पिण्डों को (i) मेकेन्जी मुख्य तथा (ii) पूर्वी प्रोमलेन्स मुख्य, दो प्रकारों में विभाजित किया जाता है। मूलर (1959) ने इन्हें क्रमशः बग्न पिण्डों तथा छुले पिण्डों नामकरण प्रदान किया है। पिण्डों की उत्पत्ति के विषय में पर्याप्त मतभेद है। सामान्य रूप में कहा जा सकता है कि इनका निर्माण परमाफास्ट या झील के हिम के नीचे धीरे-जल के जमने के कारण उभार होने से होता है। पिण्डों के निर्माण सम्बन्धी निम्न उल्लेखनाओं का उल्लेख आवश्यक है।

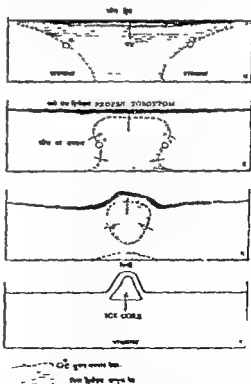
(i) तुवार-उत्क्षेपण-परिकल्पना (Frost Heaving Hypothesis)—इस परिकल्पना के अनुसार पिण्डों का निर्माण दो रूपों में होता है। प्रथम, शरदकाल के आगमन के साथ ही परमाफास्ट के ऊपर स्थित सक्रिय-सतह (Active layer) का ऊपरी भाग जमने लगता है तथा यह हिमीकरण नीचे की ओर अग्रसर होता रहता है। परन्तु इस समय परमाफास्ट तथा ऊपरी जमी सतह के बीच में एक ऐसी सतह होती है जो बिना जमी अवस्था में होती है तथा गतिशील होती है। इस परत पर ऊपर स्थित जमी परत के कारण लगातार दबाव बढ़ता जाता है जिस कारण उसमें स्थित पदार्थों में वायविक उत्क्षेपण (Lateral thrust) होने से ऊपरी सतह में (जहाँ पर

हिम चादर पतली होती है) उभार हो जाता है और पिण्डों का निर्माण हो जाता है। द्वितीय, परमाफास्ट में हिम सेन्स का निर्माण होता है। कैपीलरी क्रिया द्वारा आस-पास का जल इस हिम सेन्स के पास आकर जमता रहता है। जिस कारण उनका आकार बढ़ता जाता है। इसे हिम का पृथक्कीकरण (Ice segregation) कहते हैं। इस कारण (हिम बनने से उसके आयतन में प्रसार होने से) से सेग्रिगेटेड हिम के ऊपर स्थित सतह में गुम्बद-नुमा उभार हो जाता है, जो पिण्डों कहलाता है।

(ii) मैके का सिद्धान्त (Mackay's theory)—मैके ने मेकेन्जी डेल्टा में पिण्डों के अध्ययन के बाद बताया कि उनका निर्माण तुवार-उत्क्षेपण के कारण नहीं हुआ है। क्योंकि जिन पदार्थों से इन पिण्डों का निर्माण हुआ है, उनमें से 95 प्रतिशत पदार्थों के कणों की व्यास 0.1 से 0.5 मि० मी० तक है, अतः ये कण तुवारप्राही (Frost susceptible) नहीं हैं, क्योंकि 0.01 मि० मी० या उससे कम आकार वाले कणों में ही हिमीकरण होता



चित्र 363—पिण्डों का निर्माण तथा विकास।



चित्र 364—मैके के अनुसार मेकेन्जी डेल्टा-क्षेत्र में पिण्डों के निर्माण की अवस्थाएँ।

है। प्रारम्भ में एक विस्तृत हिमाच्छादित झील होती है जो कि परमाफास्ट से घिरी होती है। झील के मध्यवर्ती भाग के नीचे बिना जमा हुआ भू-भाग होता है। झील की तल में अब भी कुछ जल रहता है। परन्तु धीरे-धीरे झील की तली तक का समस्त भाग जम जाता है। अब झील के हिम तथा परमाफास्ट के मध्य बिना जमा भू-भाग घिर जाता है; जिस पर बढ़ते परमाफास्ट का दबाव बढ़ता जाता है। इस घिरे भू-भाग से जल का विकास नहीं हो सकता है। परमाफास्ट में लगातार वृद्धि के कारण बिना जमे भू-भाग में स्थित जल में दबाव बढ़ जाता है। इस दबाव को कम करने के लिये उसके ऊपर स्थित धरातल में उठाव हो जाता है और अन्ततः घिरा हुआ जल हिम में बदल जाता है जो कि उठाव के नीचे एकत्रित हो जाता है। जब समस्त भाग परमाफास्ट से आच्छादित हो जाता है तो उठाव स्थगित हो जाता परन्तु तब तक यह उठाव एक पिगो का रूप धारण कर लेता है।

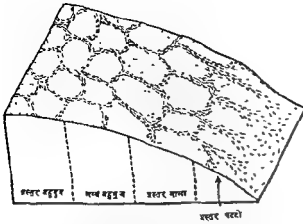
**थर्मोकार्स्ट (Thermokarst)**—थर्मोकार्स्ट, आर्कटोपोल्य प्रदेशों में विकसित कार्स्ट स्थापकृति के समान ही होते हैं (देखने में), परन्तु दोनों में इतना अन्तर अवश्य होता है कि उन्हें एक दूसरे से अलग किया जा सके। कार्स्ट का निर्माण लाइमस्टोन, डोलोमाइट आदि शैल-क्षेत्रों में जल के रासायनिक कार्यों द्वारा होता है, जब कि थर्मोकार्स्ट का निर्माण आर्कटिक क्षेत्रों में परमाफास्ट मण्डल में भौतिक प्रक्रमों द्वारा होता है। वास्तव में थर्मोकार्स्ट परमाफास्ट क्षेत्रों में ऋणात्मक स्वरूपों (Negative landforms) का सामूहिक रूप होता है, जिसका निर्माण धरातलीय सतह के हिम के पिघल जाने पर घटने के कारण होता है। थर्मोकार्स्ट नामावली पर प्रयोग रूसी विद्वान आर्मीलियेव द्वारा 1932 में किया गया तथा 1962 में कचूरिन (S. P. Kachurin) ने थर्मोकार्स्ट में मिलन वाले विभिन्न स्वरूपों का विवरण उपस्थित किया। थर्मोकार्स्ट के विकास के लिये परमाफास्ट की गहरी सीमा पर (किन्तु धरातलीय सतह के नीचे) हिम की एक मोटी परत होनी चाहिए ताकि इन हिम परत के पिघलने पर ऊपरी सतह का घंसाव विधिवत हो सके। साथ में ऋणानु के तापक्रम में परिवर्तन होते रहना चाहिए। यह परिवर्तन दो रूपों में हो सकता है—

- (i) धरातल के ऊपर स्थित वनस्पति का आवरण, घेतों की जुलाई तथा जलाशयों का निर्माण (अप्राकृतिक विधि) तथा
- (ii) जलवायु में परिवर्तन। थर्मोकार्स्ट में भूपृष्ठीय गर्त (Surface pits), बेसिन, सिक (Sink), कीपाकार

छिद्र (Funnel sink), निक गर्त (Sink holes), कोटर (Hollows), ग्रीव (Ravines), शुष्क पाटियाँ (Dry valleys), कन्दरा (Caves), थर्मोकार्स्ट झील (हिमद्रवण झील-Thaw lakes) आदि स्वरूप उत्प्रेक्षणीय होते हैं। कचूरिन ने सोवियत रूस में थर्मोकार्स्ट के तीन मण्डलों का पता लगाया है। सबसे दक्षिणी भाग में थर्मोकार्स्ट का सर्वाधिक विकास (प्लीस्टोसीन हिम-कालीन) हुआ है, परन्तु वर्तमान समय में उसका विनाश हो रहा है। सबसे उत्तरी भाग में थर्मोकार्स्ट का विकास वर्तमान जलवायु में हुआ है तथा उसमें निरन्तर विकास हो रहा है। इन दोनों के मध्य सामान्य थर्मोकार्स्ट प्रदेश है, जहाँ पर न तो विस्तार हो रहा है और न ही विनाश। बेंलास तथा हाफकिन्स (1949) ने अलास्का में भी थर्मोकार्स्ट का अवलोकन किया है। इन लोगों ने हिमद्रवण झील (Thaw lakes) तथा निपात बेसिन (Collapse basins) का मविस्तार वर्णन किया है। बेंलास तथा हाफकिन्स के अनुसार (अलास्का में) पहले तुषार-उत्क्षेपण के कारण धरातलीय सतह में उभार होने में उस पर स्थित वनस्पति का विस्थापन हो जाता है, परिणामस्वरूप उसके नीचे स्थित हिम पिघल जाती है और सतह नीचे धंसकर एक गड्ढे का रूप ले लेती है। इसमें जल एकत्रित हो जाता है। धीरे-धीरे इन गड्ढों में विस्तार होता है तथा उनका आकार गोल होने लगता है। प्रारम्भ में ये झीलें छोटी-छोटी तथा बिखरी होती हैं। परन्तु आगे चलकर कई छोटी झीलें मिल जाती हैं और एक विस्तृत हिमद्रवण झील का निर्माण हो जाता है। इन झीलों का क्षेत्रफल एक बर्ग किलोमीटर से कई बर्ग कि० मी० तक होता है।

**पेटर्न भूतल (Patterned Ground)**—परि-हिमानी क्षेत्रों में कई स्वरूप ज्यामिति के विभिन्न आकारों (बहुभुज, वृत्त, पट्टी आदि) में इस तरह मिलते हैं, लगता है उन्हें एक प्रणाली के अन्तर्गत मजबूत किया हो। इन आकृतियों का वर्गीकरण बार्सबर्न (1956) ने उनके आकार (Shape) तथा श्रेणीकरण (Sorting-छटाई) के आधार पर पाँच प्रकारों—बहुभुज, वृत्त, जाल (Net), सीपान (Steps) तथा पट्टी (Stripe)—में विभाजित किया। पुनः प्रत्येक को श्रेणीकृत (Sorted) और अश्रेणीकृत (Unsorted), दो प्रकारों में रखा गया है। ढाल-प्रवणता (Slope gradient) के आधार पर इन आकृतियों को दो पेटर्न (Pattern) में रखा जा सकता है। बहुभुज तथा वृत्त का आविर्भाव लपटे तथा



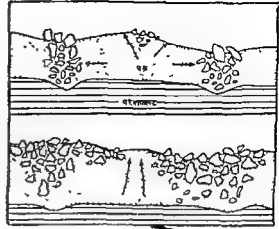


चित्र 365—पैटर्नड भूतल (Patterned ground) के विभिन्न रूप ।

कम ढालू भागों पर होता है, जबकि सोपान, प्रस्तर माला (Stone garlands), पट्टी आदि का आविर्भाव अधिक ढालू भागों पर होता है। स्मरणीय है कि जब ढाल  $30^\circ$  से अधिक हो जाता है तो उस पर किसी भी प्रकार का पैटर्न नहीं बन पाता है।  $2^\circ-6^\circ$  के ढाल पर बहुभुज, दृत तथा  $6^\circ-30^\circ$  के ढाल पर अन्य आकारों (सोपान, माला पट्टी आदि) का निर्माण आसानी से होता है। यदि किसी आदर्श ढाल की अनुदैर्घ्य परिच्छेदिका (Longitudinal profile), जिसमें कि ढाल प्रवणता नीचे की ओर बढ़ती जाती है, पर पैटर्न का अवलोकन किया जाय तो सबसे ऊपर बहुभुज और दृत मिलते हैं। पुनः नीचे जाने पर उनका आकार लम्बा (Elongated) हो जाता है तथा वह प्रस्तर माला में बदल जाता है और नीचे जाने पर वह प्रस्तर पट्टी का रूप धारण कर लेता है।

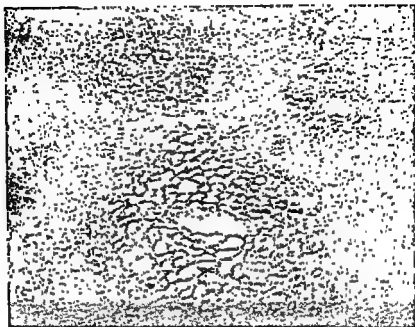
यद्यपि पैटर्नड भूतल की विभिन्न आकृतियों के निर्माण की प्रक्रिया अलग-अलग है तथापि सामान्य रूप में पैटर्नड भूतल के निर्माण में तुषार-उत्क्षेपण (Frost heaving) तथा मृदासर्पण (Solifluction) को सर्वाधिक महत्वपूर्ण बताया जा सकता है। प्रत्येक आवृत्ति का ससिद्ध उत्क्षेप करना सम्भवतः वाछनीय होगा।

(i) प्रस्तर बहुभुज (Stone Polygons)—पैटर्नड भूतल के सर्वाधिक महत्वपूर्ण स्वरूप होते हैं। बहुभुज का निर्माण शुद्ध परमाफास्ट तथा मौसमी तुषार क्षेत्रों में होता है, यद्यपि इनका निर्माण उष्ण अर्द्धशुष्क प्रदेशों में भी होता है। परन्तु यहाँ पर आर्कटिक बहुभुजों पर ही ध्यान दिया जायेगा। आर्कटिक बहुभुजों की अंगीकृत



चित्र 366—प्रस्तर बहुभुज का निर्माण तथा विकास।

(Sorted) और टुण्ड्रा बहुभुज, दो प्रकारों में विभाजित किया जाता है। टुण्ड्रा बहुभुजों की निर्माण की प्रक्रिया के आधार पर हिम वेज बहुभुज (Ice wedge polygon) भी कहा जाता है। बहुभुज का आकार, ऊँचाई, मिट्टी की गहराई, प्रस्तर के टुकड़ों का आकार, विकास की अवस्था आदि कारकों पर आधारित होता है। श्रेणीकृत बहुभुज (Sorted polygons) के निर्माण में फिलिबर्थ (K. Philberth, 1974) ने तुषार उत्क्षेपण की प्रक्रिया को जिम्मेदार बताया है। हागबाम (1910) ने बताया कि सक्रिय सतह में बारीक पदार्थों (तुषार घाही) के हिमीकरण होने से उनमें विस्तार होता है, जिस कारण बड़े-बड़े टुकड़े ऊपर उठा दिये जाते हैं। साथ ही साथ कुछ पदार्थ किनारों की ओर सरका दिये जाते हैं। सतह में, इस तरह, तुषार-उत्क्षेपण के कारण उठाव होने से ऊपर स्थित प्रस्तर कण भी किनारों की ओर सरक कर डेर के रूप में एकत्रित हो जाते हैं। इन प्रस्तर बहुभुजों में अगर कुछ बारीक पदार्थ रह जाते हैं तो हिमद्रवण जल (Meltwater) द्वारा बहा लिये जाते हैं। हैम्बर्ग (A. Hamberg) ने 1915 में बताया कि यदि सतह पर प्रस्तर का आवरण होता है तथा उसमें नाँव बारीक पदार्थ होते हैं तो उत्क्षेपण (Heaving) के कारण बारीक पदार्थ उठाव (Bulge) के रूप में सतह पर आ जाते हैं। तथा प्रस्तर सरक कर किनारों पर एकत्रित होकर बहुभुज का रूप ले लेते हैं। इनक अनावा श्रेणीकृत बहुभुजों के निर्माण में डेबेर (1943) ने विभेदक उत्क्षेपण (Differential heaving), नानसेन (F. Nansen, 1922) ने अपक्षय को सक्रिय प्रक्रम बताया है। Nordenskjöld



चित्र 367—प्रस्तर-वृत्त का निर्माण ।



चित्र 368 — प्रस्तर लट युक्त वेदिका तथा माला  
(Stone banked terraces and garlands)  
नीचे इनका पार्श्व-चित्र है ।

(1909) ने सम्पादित सिद्धान्त का प्रतिपादन किया है । यदि उपर्युक्त मतों को निचोड़ा जाय तो स्पष्ट होता है कि सभी मत तुपार (Frost) से किसी न किसी रूप में अवश्य सम्बन्धित हैं । अर्थात् हिमीकरण से पदार्थों में प्रसार (Expansion) और हिमद्रवण (Thaw) के कारण सकुचन में उत्पन्न दबाव को श्रेणीकृत बहुभुजों के निर्माण में आधार बनाया गया है ।

टुण्ड्रा या हिमवेज बहुभुज का निर्माण अत्यधिक शीलता के कारण सकुचन होने से सतह में फटन होने से होता है । इस मत में अधिक मतभेद नहीं है । इस तरह बहुभुज के प्रस्तर के टुकड़ों का होना आवश्यक नहीं होता है । वास्तव में ये तुपार बहुभुज उष्णार्द्र प्रदेशों में निर्मित पंकफटन बहुभुज (Mud crack polygons) के समान ही (केवल देखने में) होते हैं ।

(ii) प्रस्तर वृत्त (Stone circles)—ये प्रस्तर टुकड़ों की सजावट इस तरह होती है कि मध्य में बारीक कण होते हैं तथा उसके चारों ओर पत्थर के टुकड़े मुद्रिका के रूप में फैले होते हैं । इनका व्यास (स्पट्स-बर्जेन में) 0.8 से 3 मीटर तक देखा गया है । इनका निर्माण परमाफास्ट के अवावा ध्रुवीय क्षेत्रों तथा उच्च पर्वतीय भागों में भी होता है । इनका निर्माण भी तुपार-उत्क्षेपण (Frost heaving) द्वारा होता है ।

(iii) जाल (Nets) जब पैटर्न न तो वृत्ताकार होता है और न ही बहुभुजाकार तो उसे जाल कहते हैं। इसमें बिना श्रेणीकृत पदार्थों से भू-गिरिकाओं (Earth hummocks) टोले) के समूह को सम्मिलित किया जाता है। जाल का वितरण साइबेरिया, स्कॅण्डिनेविया, आइसलैण्ड तथा कनाडा में मिलता है परन्तु ये गैर परमाफास्ट क्षेत्रों में भी मिलते हैं। इनका व्यास 1 से 2 मीटर तक होता है।

(iv) प्रस्तर माला (Stone garlands)—ढाल अधिक होने पर गुरुत्व तथा पदार्थों के भार के कारण बहुभुज लम्बे हो जाते हैं तथा उनका आकार लोब (Lobe) के समान हो जाता है। किनारे पर पत्थर के बड़े-बड़े टुकड़े होते हैं तथा बीच में बारीक पदार्थ होते हैं। इस प्रकार की आकृति को प्रस्तर माला कहते हैं। इसके निर्माण में भूदासर्पण का हाथ अधिक होता है।

(v) प्रस्तर पट्टी (Stone Stripes)—ढाल के और अधिक होने पर (परन्तु  $30^\circ$  से कम) प्रस्तर माला के अग्रिम भागों में जलयुक्त पंक (Mud) पत्ति तोंडकर भागे निकल जाती है जिसके किनारों पर पत्थर के टुकड़े होते हैं। इस प्रकार समानान्तर लम्बी-लम्बी पट्टियों का निर्माण हो जाता है, जिनके मध्य में पंक तथा किनारों पर प्रस्तर के टुकड़े होते हैं। जब ढाल  $30^\circ$  से अधिक हो जाता है तो पट्टियाँ समाप्त हो जाती हैं तथा पंक और प्रस्तर एक दूसरे से मिल जाते हैं और पैटर्न समाप्त हो जाता है।

यहाँ पर स्पष्ट करना आवश्यक है कि प्रस्तरतटोप लोब (Stone banked lobes), प्रस्तरतटोप वेदिका (Stone banked terraces) आदि पैटर्न भूतल के प्रस्तरमाला तथा प्रस्तर सोपान के ही रूप होते हैं। चूंकि इनके निर्माण में भूदासर्पण का हाथ अधिक रहता है, अतः इनको अलग अस्तित्व तब प्रदान किया जाता है, जब कि ये अन्य आकृतियों के साथ समूह में नहीं मिलते हैं। प्रस्तर-तटीय वेदिकाओं का निर्माण भूदासर्पण की गति में विभिन्नता (Differential rates of movement) के कारण होता है।

प्रस्तर हिमानी (Stone Glacier)—इसे ग्लेशियर हिमानी भी कहा जाता है जिसका प्रयोग सर्वप्रथम कैप्स (Capps, S. R.) ने 1910 में दिया। ग्लेशियरों में दो परतें होती हैं। ऊपरी परत में पत्थर के बड़े-बड़े टुकड़े होते हैं तथा निचली परत (तनी) में बारीक पदार्थ (सिन्ट, रेत, पंक आदि) ढाल है। इन दो विभिन्न परतों का आधिपत्य, ठुपार उल्लेपण (Frost heaving) के

कारण होता है। ठुपारप्राही बारीक पदार्थों में हिमानी-वरण के फलस्वरूप फैलाव होने से बड़े पदार्थ ऊपर उठा दिये जाते हैं तथा उनके नीचे निर्मित रिक्त स्थानों में ऊपर स्थित बारीक पदार्थ आकर भर जाते हैं। ग्लेशियर हिमानी की सतह के ऊपर हिम का कोई प्रमाण नहीं मिल सकता है परन्तु ऊपरी सतह में एक मीटर तक की गहराई तक कणों के दोष रिक्त स्थानों में हिम की स्थिति का अवलोकन कई विद्वानों ने किया है। ग्लेशियर हिमानी की गति में भी मतभेद है। निश्चय ही सभी ग्लेशियर हिमानी गतिशील नहीं होती हैं क्योंकि कुछ के अग्रभाग के विषय में वनस्पति का आवरण उनकी स्थिरता को प्रमाणित करता है। यदि कुछ ग्लेशियर हिमानी गतिशील होते भी हैं तो गति की दर बहुत कम होती है। चेबस (1923-1943) ने 25 वर्षों के अध्ययन के आधार पर बताया कि ग्लेशियर हिमानी का ऊपरी भाग 1 से 1.5 मीटर प्रतिवर्ष तथा निचला भाग 0.3 से 1 मीटर प्रतिवर्ष की दर से गतिशील होता है। इस तरह चेबस ने ग्लेशियर की तरह ही ग्लेशियर हिमानी में भी गति का प्रतिपादन किया है यद्यपि अन्तिम प्रपक्ष की अपेक्षा अत्यन्त मन्द गति से आगे बढ़ता है। ग्लेशियर-हिमानी में किनारों की दीवारों में अपक्षय से टूटन से प्राप्त पदार्थ भी आते रहते हैं। ब्लॉक फील्ड्स (Block Fields)

परिहिमानी क्षेत्रों के उच्च भागों पर, घामकर पर्वतों की चोटियों पर जो कि या तो सपाट होती है या मन्द ढाल वाली बड़े-बड़े टुकड़ों वाले पदार्थों के समूह को ब्लॉक फील्ड्स कहते हैं। इनके विषये दूसरी नामावली ब्लॉकमीर (Blockmeer) है। इन पदार्थों का निर्माण स्थानीय चट्टानों में टूटन (काजेलिकेशन द्वारा) के कारण होता है। ये टुकड़े कोणिक (Angular) अर्थात् टेढ़े-मेढ़े होते हैं। पदार्थों की विशेषतायें वहाँ की चट्टान के स्वभाव पर आधारित होती हैं।

प्रस्तर-सरिता (Stone Stream)

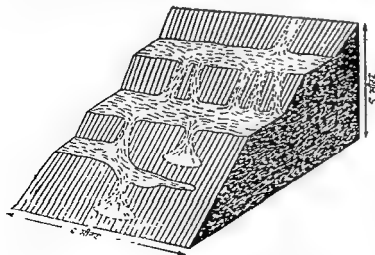
ग्लेशियर-प्रवाह (जिसमें बड़े सत्ता बारीक, सभी प्रकार के कण होते हैं) के समूह को जो कि घाटी में एकत्रित होकर ढाल के अनुसार बहता है, प्रस्तर-सरिता कहते हैं। परन्तु यह आवश्यक नहीं है कि प्रस्तर-सरिता मदेव घाटियों से होकर ही प्रवाहित हो। कभी-कभी उत्तम ढाल में ग्लेशियर मलबा (Rock debris) का भी सरिता के रूप में प्रवाह होता है। प्रस्तर सरिता में पदार्थों के आकार के अनुसार उनका विविध श्रेणीकरण (Sorting) होता है। ऊपरी भाग में बड़े-बड़े टुकड़े होते हैं तथा तनी

मे बारीक कण वाले पदार्थ होते हैं। घाटी की दीवाल तथा प्रस्तर-सरिता अथवा घाटी की दीवाल तथा प्रस्तर-समूह के मध्य गमियों में जल-सरिता का आविर्भाव हो जाता है। प्रस्तर-सरिता में पदार्थों का ध्वेणीकरण तुषार-उत्क्षेपण (Frost heaving) के कारण होता है।

तुंग सपाटीकृत वेदिका (Altiplanation Terraces)

परिहिमानी क्षेत्रों के पर्वतीय भागों में ऊँचाई पर सोपानाकार वेदिकाएँ पाई जाती हैं, जो कि कगार (Scarp) द्वारा एक दूसरे से अलग की जाती हैं, परन्तु ये रेगुलर रूप में नहीं पाई जाती हैं। इनके ऊपर मलवा आवरण भी होता है। इन वेदिकाओं के कुछ विनिष्ट अंग होते हैं, जिनका उल्लेख आवश्यक है। ये विभिन्न ऊँचाइयों पर पाई जाती हैं तथा इनके निर्माण में कोई आधार-तल (Base level) नहीं होता है। अतः इनके विभिन्न तल और उस क्षेत्र के अनाच्छादन कालानुक्रम (Denudation chronology) में कोई सम्बन्ध नहीं होता है। वाटर्स (R. S. Waters, 1962) के अनुसार इनकी लम्बाई (ढाल के नीचे की ओर या ढाल के समानान्तर) 10 से 90 मीटर, चौड़ाई 800 मीटर तक, एक वेदिका से दूसरी वेदिका में ऊँचाई का अन्तर 2 से 12 मीटर (इसे कगार की ऊँचाई भी कह सकते हैं), कगार (Scarp) का ढाल  $15^\circ$  से  $22^\circ$  तथा वेदिका के ऊपरी भाग का ढाल (Slope of treads)  $3^\circ$  से  $8^\circ$  तक होता है। वेदिका के ऊपर 3 मीटर तक मोटी मलवा की परत

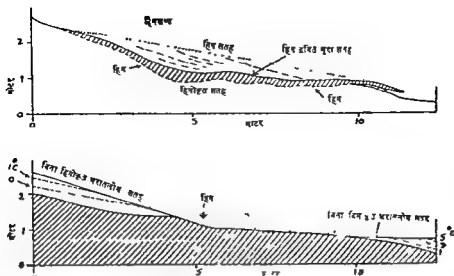
हो सकती है परन्तु मलवा-आवरण तथा उसके नीचे स्थित शैलस्तर (Bedrock) की संरचना में कोई सम्बन्ध नहीं होता है। कगार के आधार पर तुषार निमित्त (Frost riven) विलफ भी हो सकते हैं। इस तरह की वेदिकाओं को तुंग सपाटीकृत वेदिकाएँ कहते हैं। इन वेदिकाओं के निर्माण में सहायक प्रक्रम के सम्मिलित रूप को तुंग सपाटीकरण (Altiplanation) कहा जाता है, जिसका प्रयोग सर्वप्रथम ईकिन द्वारा 1916 में किया गया था। ईकिन के अनुसार वेदिकाएँ रचनात्मक (Constructive) होती हैं। इनके निर्माण के लिये आवश्यक मलवा की प्राप्ति स्थानीय शैलस्तर के काँजिलोईकरण द्वारा होती है तथा उनका नान्तरण तुषार-उत्क्षेपण द्वारा होता है। ईकिन का परिकल्पना के विपरीत वाटर्स (1962) ने शैलस्तर अपरदन-सिद्धान्त (Bedrock-erosion theory) का प्रतिपादन किया है। सबसे पहले वेदिका का निर्माण पहाड़ी ढालों पर एक छोटे गर्त में हिम के एकत्रीकरण से प्रारम्भ होता है। इस हिम के अपक्षयात्मक (काँजिलोईकरण) कार्य से घरातल में टूटन (Shattering) होने से मलवा का निर्माण होता है जो कि मृदासर्पण द्वारा नीचे की ओर हटा लिया जाता है। इस तरह तुषार अधः छनन (Frost sapping) तथा मृदासर्पण द्वारा मलवा के स्थानान्तरण की प्रक्रियाओं की पुनरावृत्ति के कारण वेदिकाओं का निर्माण हो जाता है। मलवा का वहन एक वेदिका से दूसरी वेदिका पर होता



हुआ पहाड़ी ढाल के निचले भाग पर पहुँच कर इतना अधिक हो जाता है कि शैलस्तर उससे डँक जाती है, परन्तु ऊपरी भाग खुला ही रहता है। स्पष्ट है कि इन वेदिकाओं पर मलवा का आवरण तो होता है, परन्तु वह स्थिर न होकर गतिशील होता है। सगता है इसी भ्रम के कारण ईकिन ने इन वेदिकाओं को निक्षेप जनित बता दिया था। आगे चलकर नेकोस्लोवाकिया के बोहेमियन पठार पर कार्य करने के बाद डेमेक (J. Demeck) तथा जुबेक ने (1964) ने वाटर्स के सिद्धान्त को समर्थन प्रदान किया। यदि वाटर्स के

चित्र 369—गतिशील हिम—मलवा द्वारा पैटर्न (Pattern)

का निर्माण तथा ढाल का विकास।



चित्र 371—अनुप्रस्थ निवेशन कोटर ।

verse), अनुदैर्घ्य (Longitudinal) तथा वृत्ताकार (Circular), तीन प्रकारों में विभाजित किया है। अनुप्रस्थ कोटर ढाल की समोच्च रेखाओं के समानान्तर होते हैं। इनके निर्माण में धरातलीय सरचना का अधिक महत्त्व होता है, अर्थात् पूर्व निर्मित छोटे-छोटे गतों में हिम-खण्डों द्वारा अपरदन तथा मृदासर्पण द्वारा मलबा निष्कासन से इनका निर्माण तथा विकास होता है। इन कोटरों द्वारा पहाड़ी ढालों पर वेदिकाएँ (Altiplanation terraces) बन जाती हैं। जब कोटरों की स्थिति ढाल (पहाड़ी ढाल) की दिशा में होती है तो उसे अनुदैर्घ्य कोटर कहते हैं। इन कोटरों का निर्माण जल-अपर-दित घाटियों या बौहड (Ravines) में हिम-खण्ड की स्थिति द्वारा अपरदन से होता है। वृत्ताकार कोटरों के निर्माण में धरातलीय सरचना का कोई हाथ नहीं होता है। इनकी व्यास कुछ मीटर से एक किलोमीटर तक होती है। इनका निर्माण मन्द ढाल वाली सतह पर होता है, ताकि मलबा का निष्कासन (गुरुत्व के कारण) आसानी से हो सके। इन कोटरों में निरन्तर विस्तार होने से हिम-खण्ड (Snow-patch) के हिम की मोटाई निरन्तर बढ़ती जाती है। यहाँ पर हिमानी सर्क (Glacial cirque) तथा निवेशन कोटर में भ्रान्ति हो सकती है, क्योंकि निवेशन कोटर में हिम इतनी अवधि हो जाती है कि उसका कोटर से बहाव होने लगे। कई विद्वानों ने इनमें अन्तर स्थापित करने का प्रयास किया है। रसेल (1933) तथा घाटर्स (1966) ने इन विस्तृत कोटरों को निवेशन सर्क (Nivation Cirque) बताया है।

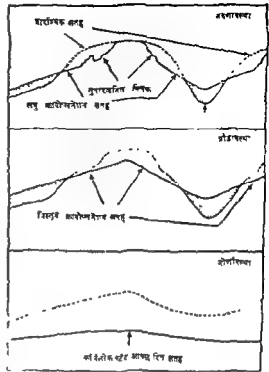
परन्तु निवेशन सर्क से ग्लेशियर का आविर्भाव नहीं हो सकता है। इन दोनों को तली के आधार पर अलग किया जा सकता है। हिमनदी सर्क की तली बेसिन के आकार की होती है परन्तु उसके अप्रभाव में उभरा चौखटा होता है। निवेशन कोटर में इस तरह का आकार नहीं होता है, क्योंकि उभरे चौखटे के कारण कोटर से मृदासर्पण द्वारा मलबा के निष्कासन में बाधा हो जायेगी।

परिहिमानी घाटियाँ—परिहिमानी क्षेत्र की घाटियाँ असममित (Asymmetrical) होती हैं, जिनका एक किनारा खड़े ढाल वाला होता है तथा दूसरा मन्द ढाल वाला। इन असममित ढालों के विकास के सम्बन्ध में दो सम्भावनाएँ व्यक्त की जाती हैं। या तो एक किनारे का तीव्रकरण (Steepening) हो या दूसरे का पतन (Decline), परन्तु इसका पता लगाना कठिन कार्य है। इतना तो बताया जा सकता है कि घाटी के दो किनारों पर प्राप्त होने वाली सूर्यताप (Insolation) की मात्रा की विभिन्नता पुषार-अपक्षय (Frost weathering) तथा मृदासर्पण को अवश्य प्रभावित करती है। जो घाटी ३०° ५०' से ६०° ५०' दिशा (३०° ५०') में होती है तो उसके ६०° ५०' ढाल पर सूर्यताप अधिक प्राप्त होता है, जिस कारण दिन में हिमद्रवण (Thaw) हो जाता है परन्तु रात में पुनः हिमीकरण हो जाता है। इस कारण हिमीकरण हिमद्रवण-चक्र के फलस्वरूप इस ढाल पर कृत्रिम-कृत्रिम ढाल टूटन होने लगती है। दिन के समय विष-टित मलबा का मृदासर्पण द्वारा नीचे की ओर परिवहन

हो जाता है। इस तरह ढाल में निवर्तन (Retreat) होने से ढाल तीव्र होता जाता है। इस ढाल को सक्रिय ढाल (Active slope) कहते हैं। इसके विपरीत, उ० पू० दिशा वाले ढाल पर छाया के कारण दिन-रात हिमिकरण की अवस्था रहती है। इसमें यह ढाल निष्क्रिय (Inactive) होता है। हिम-चादर इसको संरक्षण प्रदान करती है। इस प्रक्रिया के कारण जसमान ढाले वाली घाटी का विकास होता है। कुछ लोगों का कहना है कि द० प० ढाल मन्द हो जायेगा, क्योंकि सतह अपक्षय के कारण उ० म प० न होने रहने से ढाल घटता जाता है। उ० पू० दिशा वाला ढाल मयाबत रहने में द० पू० दिशोन्मुख ढाल की अपेक्षा तीव्र हो जायेगा, क्योंकि इसमें हिम-चादर में संरक्षण मिलने से ढाल पतन नहीं हो पाता है। विद्वानों का तीसरा वर्णन है कि सक्रिय ढाल अधिक तीव्र होगा क्योंकि द० पू० दिशोन्मुख ढाल पर दिन में अधिक ताप के कारण जल (Melt water) सूख जायेगा परिणामस्वरूप मृदासर्पण का स्थान पृथुता आयेगा। इसके विपरीत उ० पू० दिशोन्मुख ढाल पर कम ताप के कारण हिमिकरण मन्द गति में सम्पादित होता है अतः मृदासर्पण में स्थान नहीं हो पाता है। इन बातों से दिसकृत विपरीत कुछ लोगों ने बताया है कि घाटी के दोनों ढालों पर विभिन्न मोटाई वाली हिम-चादर का निर्माण सूर्यताप की प्राप्ति होने वाली भागा में विभिन्नता के कारण न होकर प्रचलित पवन द्वारा होता है। पवनोन्मुखी ढाल (Windward slope) पर स पवन हिम को हटा देती है जबकि पवनविमुखी ढाल (Leeward slope) पर हिम का संचयन करती है। इस तरह दोनों ढालों पर विषैक मृदासर्पण (Differential solifluction) का कारण उत्पन्न होता है। इस कारण घाटियों का निर्माण होता है। इन परस्पर विरोधी बलों का प्रमुख कारण यह बताया जा सकता है कि प्रत्येक अवसर्पित घाटी का निर्माण एक कारण द्वारा बताने का प्रयास किया गया है। अलग-अलग क्षेत्रों में इनके निर्माण के लिए अलग-अलग कारण छात्रों होय।

#### परिहिमानी अपरदन-चक्र

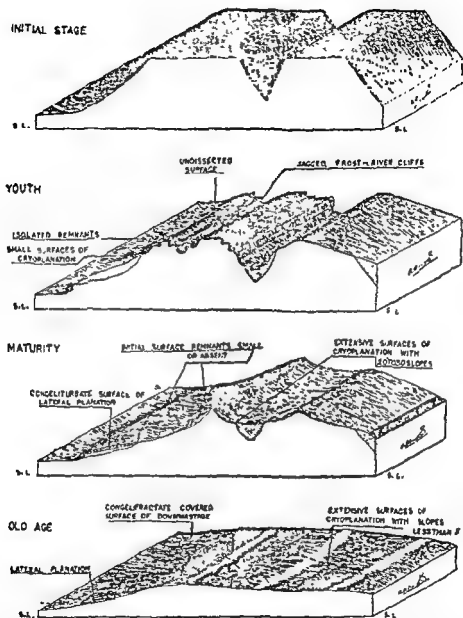
पेल्टियर (L. C. Peltier) ने 1950 में परिहिमानी क्षेत्रों में अपघात तथा अपरदन के प्रभावों में अवसर्पित होकर परिहिमानी अपरदन चक्र के निम्नलिखित चरणों का प्रतिपादन किया तथा रेखित व भौतिक चक्र के समान ही स्थलाकृतियों का विकास तथा प्रसारण, प्रसारण तथा जोषावस्था के अन्तर्गत बताया है। प्रो० लार्ड० पी० सिंह



चित्र 372—पेल्टियर के अनुसार परिहिमानी अपरदन चक्र।

(1971) ने भी परिहिमानी क्षेत्रों में स्थलाकृतियों के विकास में सक्रिय प्रक्रिया का ही स्वीकृति प्रदान की है। पेल्टियर के अनुसार परिहिमानी अपरदन चक्र का सम्पादन सुधार-संपादक (Cryoplanation) की प्रक्रिया द्वारा होता है जिसमें दो प्रक्रम सक्रिय होते हैं - (i) कन्जिलिफ्रैक्शन (Congelation) तथा (ii) कन्जिलिफ्रैक्शन (Congelation)। मृदासर्पण (मि० २०० मि० १९७२) भी परिहिमानी चक्र में सुधार-संपादक के पर्याप्त महत्त्व करता है। पृथ्वी अधिकांश भागों में परिहिमानी अपरदन चक्र की वैज्ञानिकता को स्वीकार कर दिया गया है, परन्तु पेल्टियर ने अनेक स्थलाकृति प्रमाणों के बाद दावा किया है कि परिहिमानी-चक्र एक वास्तविकता है।

सुधार-संपादक परिहिमानी क्षेत्रों में सतह का प्रारम्भ होता है। प्रारम्भ में कन्जिलिफ्रैक्शन (सुधार-अवस्था) अधिक सक्रिय होता है जिस कारण पहले वात ढाल मन्द हो जाने लगे ढाल में घटने जाते हैं, जिसका ढाल  $5^{\circ}$  -  $30^{\circ}$  का होता है। इन ढालों में समानान्तर निवर्तन (Parallel retreat) होता है। इन ढालों के



चित्र 373—प्रो० आर० पी० सिंह के अनुसार परिहिमानी चक्र की अवस्था (1971)।

[निशानल ज्योग्राफर के सम्पादक के सौजन्य से]

आधार पर तुपार-जनित विलफ (Frost cliffs) का निर्माण होता है। तुपार-जनित ढालों के निचले भाग पर  $15^\circ-20^\circ$  ढाल वाली 'कायोप्लेनेशन सतह' (Small cryoplanation surfaces) का निर्माण होता है। ये सतह, शुष्क रेगिस्तानी भागों के पेडीमेण्ट के समान होती हैं, जिनके ऊपर से होकर मलबा का कौजि-सोपत्रवाण (Congelifluction, मृदासर्पण solifluction)

द्वारा स्थानान्तरण होता रहता है, जिस कारण मलबा नीचे सरक कर घाटियों में जमा होने लगता है। कुछ मलबा का जमाव कायोप्लेनेशन सतह के निचले भाग में भी हो जाता है, क्योंकि नदियाँ भीसमी होने के कारण सभी मलबा का परिवहन नहीं कर पाती हैं।

प्रोढ़ावस्था—तुपार जनित ढालों में समानान्तर निर्वर्ण के कारण जलविभाजक नष्ट होने लगते हैं तथा

नक्षत्रावस्था के कुछ स्थलरूप (बिखरे हुए शैल अवशेष, चिस्म, गोलाकार चौड़े उच्च भाग आदि) लुप्त हो जाते हैं, परन्तु क्रायोप्लेशन सतह में निरन्तर विस्तार होता रहता है। यह विस्तार मुख्य रूप से ढालों में समानान्तर निवर्तन के कारण होता है। घाटियों में मलबा का जमाव होने लगता है। पहाड़ियों के चौड़े जिखरो का ढाल  $20^{\circ}$ - $30^{\circ}$  तक हो जाता है। कजिलीफ़ेशन तथा कजिलीट-बैसन के कारण अत्यन्त विस्तृत क्रायोप्लेशन सतह का निर्माण हो जाता है।

जीर्णवस्था-तुषार-अपक्षय (कजिलीफ़ेशन तथा मृदामर्दन (कजिलीप्लेशन) के प्रक्रमों के लगातार सक्रिय रहने के कारण पहाड़ियाँ पूर्णतया नष्ट हो जाती हैं तथा

ढाल घट कर  $5^{\circ}$  या उससे कम हो जाता है। मलबा तुषार-अपक्षय के कारण घिसकर अत्यन्त बारीक हो जाते हैं। जिन पर पवन का कार्य सक्रिय हो जाता है। स्थान-स्थान पर मोपस तथा बालुका स्तूप बन जाते हैं तथा पवन बारीक पदार्थों को अपवाहन (Deflation) द्वारा उड़ाकर त्रिपहल (Ventifacts) का निर्माण करती है। नदियाँ भी सक्रिय होती हैं जो कि तुषार-अपक्षय में प्राप्त मलबा का परिवहन कर देती हैं। जीर्णवस्था के अन्तिम समय में अपक्षय तथा अपरदन सागर-तल द्वारा ही नियंत्रित होता है। अन्ततः  $5^{\circ}$  से कम ढाल क्रायोप्लेशन सतह का निर्माण होता है।





# प्रादेशिक भू-आकारिकी

(Regional Geomorphology)

## 1. बेलन बेसिन<sup>1</sup>—(The Belan Basin)

### भौगोलिक स्थिति

बेलन नदी जो कि विन्ध्यन पहाड़ियों से निकल कर मिर्जापुर रीवा तथा इलाहाबाद जिलों में होकर मेजा तालीरा (इलाहाबाद) में टोस नदी, जो स्वयं गया की महायक नदी है, से मिल जाती है। बेलन प्रवाह-बेसिन का अक्षांशो-विस्तार  $24^{\circ} 35'$  से  $25^{\circ} 2\frac{1}{2}'$  उ० अक्षांश तथा देशान्तरिय विस्तार  $81^{\circ} 45'$  पू० से  $83^{\circ} 15'$  पू० देशान्तर तक है। इस तरह प्रवाह बेसिन का आकार अण्डाकार है। बेलन प्रवाह-बेसिन द० में सोन-घाटी, पूर्व में छाटा नागपुर के पठार, उत्तर में मिर्जापुर पहाड़ी तथा पश्चिम में टोस नदी एवं दक्षिण में रीवा पठार से आवृत है। दक्षिणी भाग 300 मीटर, पूर्वी भाग 150 से 300 मीटर द० प० भाग 300 से 450 मीटर तथा उत्तरी एवं उ० प० भाग 150 मीटर से कम ऊंचा है। बेलन नदी अपना मार्ग मुख्यतया चट्टानी क्षेत्र से होकर तय करती है तथा अपने दोनों किनारों को काटकर घाटी का निर्माण किया है, जहाँ पर घाटी की दीवारें बड़ी-बड़ी पर 20 मीटर से अधिक हो जाती हैं। यह घाटी मैनों के गण्डि स्तरों से प्रभावित सीढ़ीनुमा ढालों में युक्त पहाड़ियों से घिरी है, जिनके गिराव-तल पठार प्रकार के हैं।

बेलन की कई सहायक नदियाँ सममित घाटियों से होकर प्रवाहित होती हैं जबकि नदी समग्राम क्षेत्र से होकर प्रवाहित होती है। इस प्रदेश में छोटे-छोटे टीले समग्राम बेसिनों से ऊपर उठे दृष्टिगत होते हैं। अबदा-घाटी के पश्चिम में ऊपरी विन्ध्यन-क्रम की चोटी श्रेणी से बने 'मेसा' और बुटी' परिलक्षित होते हैं। कुल मिलाकर बेलन तथा उसकी सहायक नदियों ने दीर्घकाल तक अनाच्छादन के कारण समग्राम मैदान का निर्माण कर डाला है। बेलन कुछ सहायक नालों में मिट्टी के

नावरण को गहराई तक काटकर विसर्पों का निर्माण किया है।

वियत 30 वर्षों के आँकड़ों के अनुसार बेलन प्रवाह-बेसिन की औसत वार्षिक वर्षा  $44.4''$  है। प्रवाह-बेसिन के ऊपरी भाग (विन्ध्यन पहाड़ियों के समीप) में वर्षा अधिक होती है, परन्तु निचले भाग में (मेजा तहसील) इसकी मात्रा अधिक घट जाती है बेलन नदी पर निमित्त मेजा बाँध में ऊपर की ओर लगभग 780 वर्गमील का अपवाह-क्षेत्र बेलन नदी को मिलता है, जिसमें से लगभग 232 वर्ग मील अपवाह-क्षेत्र का जल सिरमी जलाशय को प्राप्त होता है। शेष 548 वर्ग मील का 'बाही जल' बाकी क्षेत्र के लिये उपलब्ध होता है।

### भू-वैज्ञानिक संरचना

बेलन-बेसिन में मुख्यतः महीन तथा मध्यम कणों वाले क्वार्ट्ज युक्त बालुका प्रस्तर पाये जाते हैं, जो कि ऊपरी विन्ध्यन के 'कैम्ब्रियन-क्रम' के बालुका प्रस्तर अवस्था से सम्बन्ध रखते हैं। इन चट्टानों का रंग हल्का गुलाबी है, परन्तु कहीं-कहीं पर जैसे 'नडोला-नाला' में जो बेलन नदी के बायें तट पर स्थित मवाई ग्राम से आधा मील पहले है, गहरे रंग की चट्टान भी दृष्टिगोचर होती है। दाहिने तट पर खरिहाट के पश्चिम में एक छोटे नाले के निकट के ग्रेन-ग्राम में शकीद क्वार्ट्ज की पट्टी पायी जाती है। अधिकांश चट्टानें तरंग चिह्नित सस्तरों वाली हैं, जब कि कुछ थोले ऊमिका चिह्नित सस्तरों वाली भी हैं। 'घोरी नाला' के अनावृत क्वार्ट्जाइट बालुका प्रस्तर में तरंग-चिह्नित सस्तरण के उदाहरण मिलते हैं। कुछ शैल दृश्यों में तरंग-चिह्नित सस्तरण कई दिशाओं में देखे गये हैं, जिससे यह आभास होता है कि अवसादों के निक्षेपण के समय जल-धाराओं की दिशा में परिवर्तन होता रहा है। शैल गठन अद्वैतीयताकार से गोलाकार है, जिससे स्पष्ट होता है कि अवसादों के परिवहन के समय

1. Singh, Savindra and Renu Srivastava, 1974 A Morphometric Study of the Tributary Basins of Upper Reaches of the Belan Basin, National Geographer, Vol. IX, pp 31-44.

उनमें पर्याप्त श्रेणीकरण तथा चपन हुआ है। सिरसी बाँध के पास मूधम कणी आती श्वेत क्वार्ट्जाइट चट्टानें अना-वृत्त शैलदृश्यांगों में दृष्टिगत होती हैं। इन अनावृत्त क्वार्ट्जाइट का सम्बन्ध ऊपरी विघटन क्रम की केंद्र श्रेणी के 'घादरील क्वार्ट्जाइट अवस्था' में बताया जा सकता है।

बेलन-घाटी में दादरी ग्राम से कोटा ग्राम के बीच 6 मील की दूरी में जलकुण्ड का निर्माण हुआ है जिसकी अधिकतम गहराई 19' है। इस जलकुण्ड का निर्माण सम्भवतः इस क्षेत्र में घटित भ्रजन के कारण हुआ है। पटपार नाला-क्षेत्र में भ्रजन के कारण चट्टानों के सतह अव्यवस्थित हो गये हैं। गहादेव गाँव में पटपार नाला के मुख के बीच द्वितीय कुण्ड पाया जाता है।

अनावृत्त चट्टानों के सतहों के नतित्व की दिशा पूर्व-पश्चिम तथा नमन की दिशा उत्तर की ओर है। बेलन की सहायक घोरों में नमन 15° उ० प० है। नडोला नाला क्षेत्र में नमन 35° उ० ह। देवघाट ग्राम से दो फ्लाई नीचे नदी में नमन की दिशा में विनोमता दृष्टिगत होती है। अनावृत्त के कारण अनेक स्थानों में धौलो का अनावरण हो गया है जिस कारण जैन दृश्यांग भौमवीथी स्वरूप का पूर्ण प्रदर्शन करते हैं। जहाँ पर जलकुण्ड का विकास हुआ है वहाँ पर चट्टानें बहुत कम दिखाई देती हैं; परन्तु नदी के बायें तट पर खरिहाट ग्राम के समीप की चट्टानें विशेष रूप से अनावृत्त हो गई हैं। इसी तरह अनावृत्त के कारण शैल दृश्यांग दाहिने किनारे पर खरिहाट ग्राम के दक्षिण भी दृष्टिगत होते हैं। यहाँ पर नदी का मार्ग उत्तर-पश्चिम के स्थान पर उत्तर-दक्षिण हो गया है। धूरिया ग्राम के आम-पास के क्षेत्र में नदी के बायें किनारे पर भी शैल का अनावरण हो गया है जहाँ पर नमन की दिशा उत्तर के स्थान पर दक्षिण हो गई है। घोरों, नडोला तथा बेलन नदी के संगम-स्थलों के आस-पास आभरणहीन चट्टानें दृष्टिगत होती हैं। यहाँ पर नदी कोयें मार्ग में प्रवाहित होती है तथा दोनों किनारों पर रिमोन्सि' की 30 फीट की गहराई तक बाटकर अपनी घाटी का निर्माण करती है।

जैन-स्तरो में दत्तगति तथा नदी-मार्ग में जल कुण्डों के निर्माण के विषय में भ्रजन की सम्भावना व्यक्त की जा सकती है। इस सम्भावना की पुष्टि पाटपार नाले के अनुप्रस्थ बाट से हो जाती है। विस्तृत भूवैज्ञानिक सर्वेक्षण के अभाव में यह तो निश्चित रूप से नहीं कहा जा सकता कि बेलन घाटी की विव्यक्त जैन भ्रजन में ही

प्रभावित है, परन्तु सस्तरो की असम्बद्धता, तीव्र नमन, बेलन-नदी के पास अचानक शैल दृश्यांगों का अदृश्य होना तथा जल मार्ग के गहरे जलकुण्डों का निर्माण आदि इस क्षेत्र में भ्रजन-क्रिया के अस्तित्व का समर्थन करते हैं।

बेलन-प्रवाह क्षेत्र की चट्टानों में मुख्य खनिज क्वार्ट्ज है, जो गोमकण्ठों के रूप में मिलता है। कुछ स्थानों पर अन्नक की परतें भी दृष्टिगोचर होती हैं। 8 फीट से 11 फीट की गहराई पर पीलापन मिट्टी हुए चौका मिट्टी प्रकार का खनिज भी प्राप्त होता है। शैल सस्तरो का सामान्य नतित्व (Strike) पूर्व-पश्चिम है तथा नति (नमन Dip) उत्तर की ओर है। नदी-मार्ग में गहरे जलकुण्ड उच्छलिका (Rapids) प्रपात (Falls) नति कण्ठों में विभिन्नता आदि से पर प्रकट होता है कि इस भाग में विवर्तनिक कारणों में प्रादेशिक तथा स्थानीय-स्तर पर भ्रजन की क्रियाएँ घटित हुई हैं। सर्वत्र आधारभूत ऊपरी चट्टानों के कारण नगाहर-नदी युग के विभिन्न प्रकार के जलोढ़ जमाव पाये जाते हैं। बेलन में 60 फीट तक इन जमावों को जमह-जमह पर काट रखा है, जिससे चट्टानों के क्रमिक रूप को भली-भाँति देखा जा सकता है।

#### प्रवाह प्रणाली

बेलन तथा उसकी सहायक नदियों में आमतौर पर प्रवाह-क्रम का निर्माण किया है। चट्टानों की संरचना, मुख्य-रूप से शैल-सन्धि तथा भ्रजन, प्रवाह क्रम को पुन रूप से प्रभावित किया है। बेलन की लगभग 120 सहायक नदियाँ हैं इनमें से 58 सहायक नदियाँ दाहिने किनारे तथा 62 बायें किनारे से बेलन में मिलती हैं। बेलन की दाहिनी ओर में मिलने वाली प्रमुख नदी भाकर है। भाकर की प्रमुख सहायक नदियाँ जगिया धरना, करीबिया, गुणहवा चखनवा करवा आदि हैं। इस दिशा की अन्य प्रमुख सहायक नदियाँ तनेहवा तथा छमवा हैं। बायें किनारे में मिलने वाली प्रमुख नदियाँ बड़वा सिपोली तथा मस्तना हैं। इस तरह यह स्पष्ट है कि बेलन की अधिकांश जल बँकर पहाड़ियों से निकलकर आने वाली नदियों से ही मिल पाता है। प्रवाह गटन (Drainage texture) अत्यन्त सूक्ष्म (Very Coarse) मध्यम (Coarse) तथा प्रवाह-आवृत्ति (Drainage Frequency) कम से सामान्य (Poor to moderate) है।

#### उच्चावच

बेलन बेसिन समप्राव अवस्था में है जहाँ पर निरपेक्ष उच्चावच (Absolute relief) तथा प्रादेशिक



चित्र 374—बेलन बेसिन ।

उच्चावच (Relative relief) दोनों अत्यन्त कम है। सामान्य ऊँचाई 225-315 मीटर तक है तथा समस्त बेसिन का 95% भाग 1000 फीट (305 मीटर) से कम ऊँचा है। गणितीय उच्चावच 0' से 400' के अन्दर आता है (Extremely low to moderate), 68% क्षेत्र पर अत्यन्त निम्न आपेक्षिक उच्चावच (0'—50') पाया जाता है। सम्प्राय अवस्था के कारण अधिकांश भाग (लगभग 90%) समतल हो गया है जिस कारण धर्षण सूची (Dissection index), निम्न है। लगभग 78% क्षेत्र निम्न धर्षण सूची (Low dissection index) के अन्तर्गत आता है। लगभग 90% भाग पर ढाल 3° से कम पाया जाता है।

बेलन नदी : सकरी घाटी से प्रवाहित होती है जिसकी गहराई लगभग 60 फीट तक है। जगह-जगह पर बेलन ने प्रपात तथा गार्ज का निर्माण भी किया है। मुखा प्रपात (55') इसका प्रमुख उदाहरण है। बहार नदी के संगम तक बेसन की घाटी अत्यन्त गहरी है। सामान्य उच्चावच एक पहाड़ी प्रदेश जैसा है। चारों तरफ घेरित छोटी-छोटी पहाड़ियाँ मिलती हैं। बेलन घाटी से सभी पहाड़ियाँ पठार जैसी हैं तथा उनमें सोपान पाये जाते हैं। अदवा नदी के पश्चिम में गोलाकार छोटे-छोटे टीले मिलते हैं। रीवाँ श्रेणी की चट्टानों में अपरदन तथा अपक्षय द्वारा निमित्त मेसल तथा बुटो सामान्य सतह से निकली दृष्टिगत होती है।

### अनाच्छादन कालक्रम (Denudation Chronology)

यदि बेलन बेसिन में अवसादीकरण (Sedimentation) की क्रिया को पमियन युग तक पूर्ण मान लिया जाय तो क्रीटेशियस युग तक अनाच्छादन के कारण यह क्षेत्र प्रथम अपरदन-चक्र पूर्ण करके समप्राय मैदान में बदल गया होगा, जबकि कैंब्रियन अपरदन सतह (1350'-1400', 420 मीटर) का निर्माण हुआ होगा। इसी बीच कार्बनिक युग में हिमानीकरण के कारण हिमानी आवरण के फलस्वरूप चट्टानों को अपरदन में संरक्षण मिला जिस कारण प्रथम अपरदन-चक्र का समय बंद गया। टॉजियरी युग में विभिन्न उत्थान तथा संचलन (Movement) का बेलन बेसिन में पर्याप्त प्रभाव पड़ा था। सोन के दक्षिण में दो भ्रमण के निश्चित प्रमाण मिले हैं। इस भ्रमण के कारण सोन का मार्ग कुछ उत्तर की ओर सरक गया तथा बेलन बेसिन का उत्तर की ओर झकाव (Tilt) हो गया जिस कारण अभिनति का निर्माण हुआ, जिससे होकर वर्तमान बेलन प्रवाहित होती है।

ऊपरी विद्युत चट्टानों के ऊपर नवाटरनरी युग के जलोत् अभाव से अनेक जलवायु सम्बन्धी परिवर्तनों का आभास मिलता है। प्लीस्टोसीन हिमकाल की शीतल जलवायु से प्रारम्भ होकर कई बार उष्णार्द्र, उष्ण-शुष्क, आर्द्र शुष्क, आर्द्र जलवायु का चक्र चलता रहा, जिस कारण वर्तमान स्थलाकृति का निर्माण सम्भव हो पाया बेलन बेसिन में चार अपरदन सतहें निश्चित की जा सकती

हैं। 1. केंमूर सतह (1350'-1500') 2 पद्मा सतह (1000'), 3. रोबी सतह (800') तथा ट्रान्स यमुना गंगा सतह (500')। उपर्युक्त सतहों के विस्तृत विवरण के लिए देखिए इस पुस्तक का अध्याय सोलह तथा चित्र 191.

## 2 निचली सोन घाटी (Lower Son Valley सामान्य परिचय)

सोन नदी भारत की प्राचीनतम नदियों में से एक है, जो जवेलपुर के द० पू० में 200 कि० मी० दूर अमरकंटक पहाड़ी में निकलकर पहले उ० प० दिशा में प्रवाहित होती है परन्तु कुछ दूर जाकर अचानक उ० पू० की ओर मुड़ जाती है तथा इसी दिशा में 500 कि० मी० प्रवाहित होने के बाद पटना के पास गंगा में मिल जाती है। अपने ऊपरी प्रवाह-मार्ग में सोन मोड़खाना क्रम की चट्टानों को काट कर प्रवाहित होती है लेकिन जहाँ से इसकी दिशा उ० पू० हो जाती है, निचले विन्ध्यन क्रम की चट्टानें आ जाती हैं तथा निचले भाग (Lower Course near the confluence) में दूतन तलछट जमाव का आधिक्य हो जाता है। सोन अपना अधिकांश मार्ग मध्य भारत के पठारी भाग (300 से 600 मीटर) में लय करती है। सम्पूर्ण घाटी में संरचनात्मक जटिलता के कारण विभिन्न प्रकार के स्थलरूपों का निर्माण हुआ है। निचली सोन घाटी सोन नदी के मुहूर्त पूर्वी भाग को प्रदर्शित करती है जिनके अन्तर्गत रोहतास पठार का कि विन्ध्यन पठार का पूर्वी छोर है, जो सम्मिलित किया जाता है। रोहतास पठार सोन के उत्तर में स्थित है तथा बिहार के शाहाबाद जिले के पश्चिमी भाग को प्रदर्शित करता है परन्तु भौतिक दृष्टिकोण से इसका विस्तार उत्तर प्रदेश तथा मध्य प्रदेश तक है। वास्तव में विन्ध्यन पठार के तीन भाग हैं - रोबी पठार भाण्डेर पठार तथा रोहतास पठार। ये पठार एक दूसरे से कर्पा (Scarp) द्वारा अलग होन हैं। यदि केंमूर से भाण्डेर की ओर चल जाय तो मकान की सीढ़ियों की तरह क्रमशः ऊपर चढ़ने जाना होगा। रोहतास पठार इनमें से सबसे पूर्वी भाग है। इसका दक्षिणी किनारा सोन घाटी में अचानक 150-250 मीटर दीवाल के रूप में ऊपर उठा है। यह कर्पा नदियों में विच्छेदित नहीं हो पाया है परन्तु उत्तरी कर्पा पर्याप्त विच्छेदित है।

## भूगर्भिक संरचना

निचली सोन घाटी में आधारभूत चट्टानें आर्कियन ग्रेनाइट तथा नीस हैं जिनके ऊपर असम विन्ध्यास (Unconformity) के बाद बिजावर क्रम की ग्रेनाइट तथा नीम चट्टानें पायी जाती हैं जिनके ऊपर पुनः असम विन्ध्यास पाया जाता है। इस असम विन्ध्यास के ऊपर निचले विन्ध्यन क्रम की सेमरी श्रेणी की चट्टानें पायी जाती हैं। समरी श्रेणी की चट्टानों की बनावट तथा उत्पत्ति के विषय में पर्याप्त मतभेद है। अहमद नरायण तथा साहूनी के अनुसार ये चट्टानें सागरीय उत्पत्ति की हैं। सेमरी श्रेणी में मुख्य रूप से चूने का परत तथा बालुका परत पाये जाते हैं। इस श्रेणी के सबसे नीचे बालुमैरेट तथा बालुका प्रस्तर मिलते हैं जिनके ऊपर गैल तथा मोटी परत वाला चूने का परत (कजूरहट चूनाप्रस्तर 603 मीटर मोटा) पाया जाता है। इनके बाद पुनः गैल, बालुका प्रस्तर बजरी (Grnt) गैल आदि सस्तर (Beds) मिलते हैं जिनमें आतपकटन (Sun cracks) तथा तरंग चिह्न (Ripple marks) आदि पाये जाते हैं, जो कि उत्थान की इंगित करते हैं। निचले विन्ध्यन क्रम के ऊपर पुनः असम विन्ध्यास के बाद ऊपरी विन्ध्यन क्रम की चट्टानें मिलती हैं जिनमें नीचे से ऊपर केंमूर रोबी तथा भाण्डेर श्रेणी की जैलें दृष्टिगत होती हैं जिनमें बालुका प्रस्तर चूना प्रस्तर गैल आदि प्रमुख चट्टानें पायी जाती हैं। सबसे ऊपर बजाटरनरी युग के जलोढ़ जमाव मिलते हैं। सोन घाटी की चट्टानें अभिनति प्रकृति (Synclinal nature) की हैं। यह विवरण दिया जाता है कि विन्ध्यन क्रम की चट्टानों का जमाव एक भूतन्त्रि प हुआ है कि वह आन्तरिक जलभाग की रूप थी।

बजाटरनरी जमाव

× × ×

गोड़खाना क्रम

अ स म वि न्धा स

ऊपरी विन्ध्यन क्रम		भाण्डेर श्रेणी	{	ऊपरी अवस्था
		रोबी श्रेणी	{	निचली अवस्था
		केंमूर श्रेणी	{	ऊपरी अवस्था
			{	निचली अवस्था

अ स म वि न्या स ?

निचला विच्छेदन क्रम	मेमरी श्रेणी	रोहतास अवस्था
		खेनजुआ अवस्था
		चीनी-मिट्टी-अवस्था (Porcellanite Stage)
		आधार अवस्था (Basal Stage)

अ स म वि न्या स

बिजावर श्रेणी—नीस, ग्रेनाइट आदि

अ स म वि न्या स

आकियन ब्रम—ग्रेनाइट, नीस आदि

विवर्तनिक इतिहास (Tectonic History)

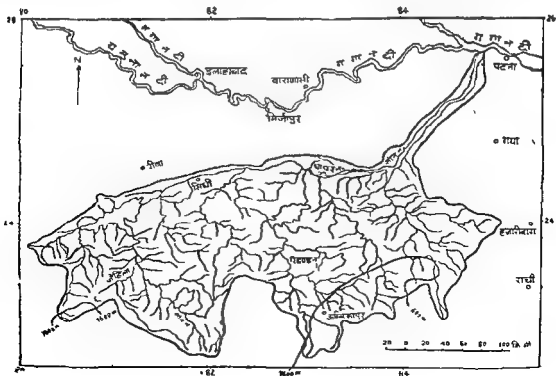
घट्टानों के सस्तर तल, नति कोण (Dip angles)

आदि को देखने से पता चलता है कि इन क्षेत्र में उत्कलन तथा भ्रंशन की क्रियाएँ अधिक सक्रिय रही हैं। टथियरी युग में विभिन्न उल्थानों का प्रभाव इस क्षेत्र में प्रादेशिक तथा स्थानीय दोनों रूपों में अवश्य पड़ा है, यदि उत्तर से दक्षिण अवलोकन किया जाय तो इस क्षेत्र में कम से कम दो भ्रंशन के प्रमाण (पूर्व-पश्चिम) अवश्य मिलते हैं। इनमें से एक भ्रंशन बिली, कजरहट्ट, हल्दी, हर्राँ आदि बस्तियों के दक्षिण से होकर गुजरती है, जबकि दूसरी जमील, बड़ा गाँव, गरदा के दक्षिण तथा मरबुर्छा गाँव

के उत्तर से गुजरती है। दोनों भ्रंशन व्युत्क्रम (Reverse) प्रकार की हैं। इस भ्रंशन के कारण सोन के उत्तर स्थित भाग का उत्तर की ओर झुकाव (Tilting) हो गया। भ्रंशन के कारण सोन का उत्तर की ओर खिसकाव (Shifting) हो गया। प्रमाण में बताया जा सकता है कि सोन का दाहिना तट मन्द ढाल वाला है जबकि उत्तरी तट कगार (Scarp) युक्त है तथा ढाल वाला है। सोन के उत्तरी कगार (कैमूर श्रेणी) से घघर के अलावा कोई भी मुख्य नदी सोन में नहीं मिलती है परन्तु इससे उत्तरी ढाल में नदियाँ निकल कर बेलन तथा कर्मनाशा नदियों से मिलती हैं।

प्रवाह-प्रणाली

सोन नदी के दोनों ओर प्रवाह-प्रणाली में पर्याप्त भिन्नता है। सोन के उत्तर में कगार इतना तीव्र ढाल वाला है कि कोई प्रमुख नदी सोन में नहीं मिल पाती है। केवल छोट-छोटे बरसाती नाले जलप्रपातों के रूप में नीचे तक आ पाते हैं। कगार के उत्तर से कई नदियाँ निकल कर गंगा क्रम में मिल जाती हैं। सोन के दक्षिण में कई नदियाँ आकर सोन में मिलती हैं, जिनमें प्रमुख हैं रिहन्द, कन्हार तथा उत्तरी कोयल। मध्य प्रदेश बलुआ भाग में गोपद तथा बनास नदियाँ सोन से मिलती हैं।



चित्र 375—सोन पाटी ;

अधिकांश भाग में धावपाकार (Dendritic) का समा-मान्तर प्रवाह-रूप का विकास हुआ है। सोन के दक्षिण भाग में आयताकार (Rectangular) प्रकार का प्रवाह-क्रम देखने को मिलता है। नदियों की तरणावस्था को देखने में लगता है कि इनकी प्रतिस्थापना (superimposition) प्राचीन सरचना पर हाल ही में हुई है। प्रायः सभी प्रमुख नदियाँ भौतिक बाधाओं की काट कर प्रवाहित होती हैं, जिससे प्रगट होता है कि उनका निचली सरचना पर अध्यारोपण (Superimposition) हो गया है। नदियों की अनुदैर्घ्य परिच्छेदिकाओं (Longitudinal profiles) को देखने से हम क्षेत्र में क्रीटेशियस युग से नवाटनरनरी युगों तक हुए महादेशजनक संचलनों (Epirogenic movements) के स्पष्ट प्रमाण मिलते हैं।

#### सामान्य उच्चावच

निचली सोन घाटी की सामान्य ऊँचाई 150-660 मीटर (500'-2200') के बीच पाई जाती है। सोन घाटी एक नाब (Trough) में होकर गुजरती है जिसकी मागर-तल से ऊँचाई 150-225 मीटर (500'-750') है। सोन के बाँधे तट के सहारे फैली कैमूर श्रेणी की सामान्य ऊँचाई 200-450 मीटर (1000'-1500') तक है। सोन के दाहिने तट की ओर भी बगार की ऊँचाई 450 मीटर तक पहुँच जाती है। बिजयगढ़ उच्च-भाग में भी 450 मीटर तक की ऊँचाई मिलती है। सोन के उत्तरी तथा दक्षिणी किनारे पर विकसित उच्चावच में पर्याप्त भिन्नता देखने को मिलती है। उत्तरी किनारा उच्च गिजर-कटक (Ridge) मुख्य बगार का समान दृष्टिगत होता है। विभिन्न ऊँचाई पर फैले पठारी भाग पाये जाते हैं। दक्षिण में देखने पर उत्तरी भाग एक दीवाल के समान दिखाई पड़ता है। इसके विपरीत दक्षिणी किनारा भव्यतापूर्वक विच्छेदित (Dissected) है।

#### सामान्य भू-आकारिकी (General Geomorphology)

रोहतास पठार की सबसे बड़ी विशेषता इसके सपाट तल के रूप में है। इस पठार के उत्तर में जो सतह है या टिट पुर पहाड़ी भाग है उनका उत्तरी भाग भी सपाट एवं चौड़ा है। यह सपाट एवं चौड़ापन मुख्य रूप से कैमूर बालुका-प्रस्तर की प्रतिरोधी चट्टानों के कारण ही सम्भव हो पाया है। स्थान-स्थान पर नदियों ने ऊपरी-बालुका-प्रस्तर को काट दिया है जिस कारण निचला चूना-प्रस्तर अनाकृत हो गया है और उस पर विभिन्न प्रकार की स्थलाकृति (Limestone topo-

graphy) विकसित हो गयी है। जहाँ पर दुर्गावती तथा बनजारी नदियाँ बगार में नीचे उतर कर मैदान की ओर अग्रसर होती हैं वहाँ पर चूनाप्रस्तर का अनाकृत भाग देखने योग्य है। रोहतास पठार के दक्षिणी बगार पर खुले चूनाप्रस्तर-सस्तर (Exposed limestone beds) पर घुलन की क्रिया द्वारा कन्दरायें तथा छिद्र निर्मित हो गये हैं। इन्हीं पठार पर स्थानीय भाषा में छोह (Kboh) कहा जाता है। गुप्तेश्वर कन्दरा या गुप्ताद्यान कन्दरा इसका प्रमुख उदाहरण है। (द्विजिये अध्याय 20 का चित्र 252 तथा 22 व चित्र 284 तथा 290)। नदियों ने रोहतास पठार का अपनी गहरा पादियों द्वारा कई भागों में विभक्त कर रखा है। सुरा नदी ने पठार की ऊपरी परत को काटकर इस पठार के उत्तरी भाग को विच्छेदित कर दिया है। इनसे द्वारा निर्मित मकरी-छोह मार्ग अत्यधिक प्रसिद्ध हैं। कर्मनागा नदी के पश्चिम में मिलन वाले स्थलरूप अन्य क्षेत्रों में अलग विशेषता रखते हैं। उच्च सतह अधिक विस्तृत नहीं है परन्तु उनकी ऊँचाई 500-600 मीटर तक है। ये सतह सदाय में बड़ी है तथा उनका एक दूसरे में अलग-अलग तीव्र बगारों (Steep Scarps) द्वारा होता है। पूर्ण भाग विच्छेदित है जिस कारण यहां की स्थलाकृति पवित्र एवं चूड़ी (Rugged and hilly) है।

#### अपरदन सतह (Erosion Surfaces)

(सोन के उत्तरी भाग में उत्तर में दक्षिण की ओर अर्थात् शाहवाद जिले की अनुशासक सीमा में सोन घाटी तक निम्न अपरदन सतह क्रम में मिलती है)।

1 200 मीटर सतह—यह पठारी भाग है जो बि रोहतास पठार व उत्तरी बगार व उत्तर में विस्तृत है।

2 250 मीटर सतह—यह उच्च भाग है जो बि छोटे-छोटे टीले जैसा दृष्टिगत होता है य टीले सपाट सतह वाले होते हैं जो बि मन्द टाल जाने बगारों से घिरे हैं। कैमूर पठार में आने वाली नदियाँ उन अपने साथ लाये मलबा के जमाव से इनका निर्माण (सम्भवन) किया होगा।

3 300-350 मीटर सतह—यह पठार का बाह्य भाग है। जिस बाह्य पठार (Outer plateau) कहा जा सकता है। उत्तरी बगार के उत्तर में मैदानी के बीच में थोड़े शिखर वाली पठारियाँ बानी २२ सतह 250 मीटर सतह में ऊँची है। इनका निर्माण कैमूर बालुका-प्रस्तर में हुआ है। इनके चारों ओर भी बगार पाये जाते हैं। सत-

बानपुर के पाम गरबा पहाड़ी पर इस तरह की सतह का अच्छा उदाहरण मिलता है।

4 400 मीटर सतह—यह सतह मुख्य पठार पर मिलती है तथा सबसे अधिक विस्तृत है। यह चारों ओर से तीव्र कगार से घिरी है, जिस कारण पठार दुर्गम बन गया है। कैमूर भेणी की चट्टानों से निर्मित होने के कारण यह भाग कैमूर पठार के नाम से जाना जाता है। सोना, करसोघा, दुर्गविनी आदि नदियों ने कगार से उतरते समय अनेक जलप्रपातों का निर्माण किया है (देखिये अध्याय 20 का चित्र 252)।

5. 450 मीटर सतह—मुख्य पठार की ऊपरी मपाट सतह पर कुछ अधिक ऊँचाई वाले छोटे-छोटे बिखरे पठार मिलते हैं, जिनकी सामान्य ऊँचाई 500 मीटर है। ये सतह भी चारों ओर से कगार से घिरी हैं, जिन कारण आसानी से असंग हो जाती है।

सोन के दक्षिणी किनारे वाले भाग में निम्न तीन सतहें मिलती हैं, जो कि क्रमशः दक्षिण की ओर कम ऊँची होती जाती हैं—

1. 450 मीटर सतह—गढ़वा नगर के उ० प० में इस सतह का रूप देखा जा सकता है जहाँ पर बिजावर संरचना के बहिष्क (Outlier) के ऊपर इसका विकास हुआ है। मिर्जापुर जिले में दुधौ नगर के पास भी इस सतह का अवलोकन किया जा सकता है।

2. 400 मीटर सतह—यह सतह सम्पूर्ण भाग में व्यापक रूप से पायी जाती है तथा इसका निर्माण प्रत्येक प्रकार की संरचना के गैल दृश्याश (Outcrops) पर हुआ है।

3 300 मीटर सतह—यह सतह सबसे अधिक पायी जाती है तथा प्रत्येक प्रकार की बनावट पर इसका विकास हुआ है।

निचली चम्बल घाटी<sup>1</sup> (Lower Chambal Valley) सामान्य परिचय

चम्बल नदी, यमुना की एक प्रमुख सहायक नदी है, जो विन्ध्य पठार के उ० प० लोब तथा बराबली पर्वत के मध्य जलोढ़ संरचना से होकर प्रवाहित होती है। कोटा के पास सामान्य ऊँचाई 200 से 250 मीटर है तथा सगम की ओर यह ऊँचाई शर्न-शर्न: घटती जाती है। यमुना के साथ सगम के पास यह ऊँचाई घट कर 125 मीटर ही रह जाती है। चम्बल द्वारा निर्मित

स्थलाकृतियों में बीहड़ (Ravines) सर्वप्रमुख स्थान रखते हैं। लगभग 50,000 हेक्टेयर भूमि में बीहड़ों का निर्माण हुआ है जो कि ऋषि की दृष्टि से हानिप्रद तो हैं ही, साथ ही सुरक्षा के लिए सिर दर्द बने हुए हैं। ये बीहड़ अनेकों डाकुओं के शरण-स्थल बन गये हैं, जिस कारण चम्बल घाटी तथा उसके समीपी भागों में अनेक सामाजिक समस्याएँ उठ खड़ी हुई हैं। बीहड़ों का विस्तार कोटा से प्रारम्भ होकर यमुना के सगम तक 480 कि० मी० की लम्बाई में पाया जाता है। कोटा से धोलपुर तक बून्की-करीली पहाड़ी श्रेणी तथा धोलपुर के आगे छोटी परबती तक उत्तरी सीमा फैली है। दक्षिण में इनकी सीमा काली सिन्द, परबती तथा कुवारी नदियों द्वारा निश्चित होती है। चम्बल के दोनों किनारों पर बीहड़ों का विकास 10 कि० मी० को चौड़ाई में हुआ है।

कोटा के आगे चम्बल उ० पू० दिशा में अधःकतित विसर्पों (Incised meanders) से होकर प्रवाहित होती है, जिससे नवोन्मेष (Rejuvenation) का आभास मिलता है। कोटा से आगे सगम तक चम्बल घाटी की गहराई निरन्तर बढ़ती जाती है।

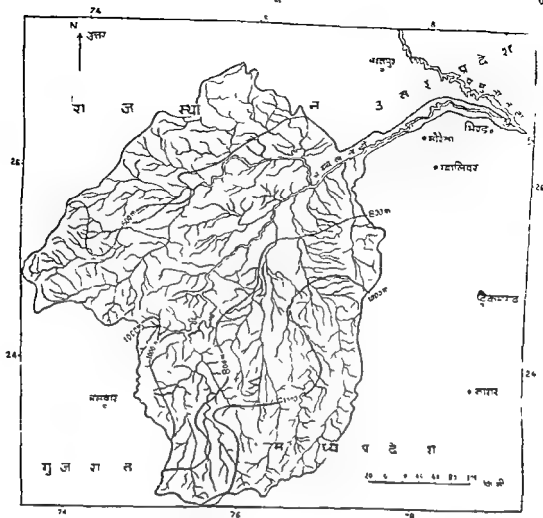
**जलवायु**

चम्बल घाटी की जलवायु अर्द्धशुष्क है। वार्षिक वर्षा 30" से कम होती है परन्तु वर्षा का अधिकांश भाग मानसून के दो तीन सप्ताहों में ही प्राप्त हो जाता है। कोटा तथा धोलपुर में वर्षा की दैनिक सक्रियता (वर्षा-काल-Daily intensity) क्रमशः 21 तथा 19 मि० से अधिक हो जाती है, परिणामस्वरूप सूखनाधार दृष्टि के कारण वर्षा काल में अत्यधिक जल की प्राप्ति के कारण नदियों के जल का आयतन अधिकतम हो जाता है। नदियों का वेग बढ़ जाता है, जिस कारण अपरदन अत्यधिक सक्रिय हो जाता है। शरदकाल तथा ग्रीष्म काल पूर्णतया शुष्क हो जाते हैं, जल की पूर्ति शून्य हो जाती है, परिणामस्वरूप आयतन न्यूनतम हो जाने से नदियों का वेग शिथिल हो जाता है। ग्रीष्मकाल में औसत तापक्रम 90° फा० से ऊपर उठ जाता है परन्तु शरद-काल में यह 50° फा० तक पहुँच जाता है।

**सामान्य उच्चावच**

यदि हवाई जहाज से निचली चम्बल घाटी का सर्वेक्षण किया जाय तो सर्वत्र एक जैसी स्थलाकृति—ऊँक

1. Sharma, H. S, 1968-Genesis of Ravines of the Lower Chambal Valley, India, in Selected Papers (Physical Geography), IGU 1968, India, pp. 144-158.



चित्र 376—चम्बल घाटी ।

तथा गत (Ridges & clefs) व दर्शन होते हैं। घाटी के उ० प० भाग में बँडलैण्ड स्थलाकृति का निर्माण हुआ है। बँडलैण्ड तथा बीहड़ स्थलाकृति में सामान्य अन्तर होता है। वास्तव में बँडलैण्ड तथा वार्ड स्थलाकृतियाँ देखने में समान लगती हैं परन्तु उनका स्वभाव में (प्रथम का विकास जलोढ़, मृत्तिका बेल आदि पर अबलुवक जलवायु में होता है तो दूसरी का विकास तर जलवायु में पुनःप्रस्तर पर होता है) पर्याप्त अन्तर होता है। बँडलैण्ड में बीहड़ कम गहरा होते हैं।

आकार तथा गहराई में बीहड़ों में पर्याप्त भिन्नता पायी जाती है। गहराई, चौड़ाई तथा ढाल के आधार

पर शर्मा<sup>1</sup> ने चम्बल के बीहड़ों को तीन श्रेणियों में विभक्त किया है—

बीहड़ के प्रकार (मीटर)	चौड़ाई (मीटर)	गहराई (मीटर)	ढाल
G <sub>1</sub>	0.1 तक	18 तक	45°-80° मन्द
G <sub>2</sub>	1-5	18-25	50°-90° अनिश्चित
G <sub>3</sub>	5-40	25 से अधिक	50°-90° तीव्र

बीहड़ों को गहराई, चौड़ाई तथा आकार मुद्दे रूप में सिद्धि के प्रकार तथा उनकी गहराई पर निर्भर करता है। शर्मा ने इस क्षेत्र में दो तरह के आकारों का अन्वेषण किया है—1 U आकार तथा 2 V आकार।

1. Sharma, H.S., 1968—Genesis of Ravines of the lower Chambal Valley, India, in Selected Papers (Physical Geography), I. G. U. 1968, India, pp 144-158



V आकार के बीहड़ का निर्माण उन भागों में हुआ है, जहाँ पर मिट्टी के नीचे महीन कणों वाली मृत्तिका (clay) शैल परत पायी जाती है। मृत्तिका का अपरदन तीव्र गति से न हो पाने के कारण बीहड़ उन भागों में पाये जाते हैं जहाँ पर मिट्टी तथा उसके नीचे स्थित परत कमजोर तथा मुलायम होती है।

शर्मा ने निचली चम्बल घाटी में बीहड़ों की प्रति इकाई क्षेत्र (41 वर्ग किमी० या 16 वर्ग मील) में आवृत्ति (Frequency) का परिकलन किया है। यह आवृत्ति कोटा से सगम तक बदलती जाती है। कोटा के पास यह आवृत्ति 1 से 5 तक है जबकि परबती नदी के सहारे 5-10 के बीच है (यहाँ पर कुछ छिट-पुट भाग में आवृत्ति 10-15 भी मिलती है)। कोटा से आगे आवृत्ति निरन्तर बढ़ती जाती है। बीहड़ों के प्रकारों को भी आवृत्ति का परिकलन (शर्मा 1968) किया गया है। सामान्य बीहड़ ( $G_1$  प्रकार) की आवृत्ति कोटा तथा बनावस जलद्वार (Watergap) के मध्य अधिकतम पायी जाती है। बनावस जलद्वार के आगे अति गहरे बीहड़ ( $G_3$  प्रकार) की आवृत्ति बढ़ती जाती है। धौलपुर से आगे  $G_3$  प्रकार के बीहड़ की आवृत्ति अन्य बीहड़ों की तुलना में अधिक हो जाती है। इस विश्लेषण से यह स्पष्ट हो जाता है कि बीहड़ों की गहराई तथा आकार कोटा से सगम की ओर बढ़ते जाते हैं।

इन बीहड़ों की उत्पत्ति के विषय में दो मुझाव (शर्मा, 1968) दिए जा सकते हैं—(i) आधार-तल में उत्थान के कारण अबनयन (Lowering) तथा (ii) अपरदन में नवोन्मेष। चम्बल तथा उसकी सहायक नदियों में इस समय नवोन्मेष देखने को मिलता है। हिमालय प्रदेश में टर्जियरी हलकल के कारण मध्य प्लीस्टोसीन युग में चम्बल घाटी में उत्थान हो गया जिस कारण टर्जियरी अपरदन-चक्र विध्वित हो गया एवं नदियों में नवोन्मेष आ गया जिस कारण निम्नवर्ती अपरदन के तोत्र हो जाने से गहरे बीहड़ों का निर्माण सम्भव हो पाया। चम्बल के मुहाने के पास अत्यधिक गहरे बीहड़ों की स्थिति के दो कारण बताये जा सकते हैं—(i) जब नवोन्मेष होता है तो नदी मुहाने से प्रारम्भ होता है तथा नवोन्मेष का शीर्ष नदी के ऊपरी भाग की ओर खिंकता जाता है। अब नदी के मुहाने के पास निम्नवर्ती अपरदन सर्वाधिक होता है तथा ऊपरी भाग की

ओर घटता जाता है। (ii) नदी के निचले भाग की ओर जलोढ़ की गहराई अधिक होती है। चम्बल के सन्दर्भ में ये दोनों बातें मिलती हैं।

बीहड़ों के विकास में चार क्रमिक अवस्थाएँ (शर्मा, 1964) बतायी जा सकती हैं—

1 जलपतिका अवस्था (Pothole stage)—प्रारम्भिक अवस्था में नदी के दोनों किनारों पर सपाट घरातल पर जल तथा मिट्टी के कणों के सम्मिलित कार्य द्वारा छोटे-छोटे छिद्र बन जाते हैं।

2. सुरगीकरण अवस्था (Tunnelling Stage)—धीरे-धीरे छिद्र बड़ते जाते हैं तथा जल अन्दर-अन्दर या तो दूसरे छिद्र के नीचे तक पहुँच कर सुरग का निर्माण करना है या अन्दर ही अन्दर निकटवर्ती बीहड़ के नीचे चला जाता है। धीरे-धीरे इस सुरग का विस्तार होता जाता है।

3 अवगतन अवस्था (Collapsing Stage)—जब सुरग अधिक विस्तृत हो जाती है तथा ऊपरी छत अधिक पतली रह जाती है तो वह नीचे ध्वस्त हो जाती है तथा बीहड़ ऊपर दृष्टिगत होने लगता है।

4 निवर्तन अवस्था (Recession Stage)—बीहड़ का शीर्ष तथा पार्श्व भाग धीरे-धीरे विस्तृत होने लगता है तथा शुष्क समय में मलवा बीहड़ की तली में बैठ जाता है। उसकी गहराई कम हो जाती है। वर्षा-काल में ये बहा लिये जाते हैं। इस तरह बीहड़ों के शीर्ष तथा किनारों के पीछे हटते जाने से ममस्त भाग शबकाकार भाग में बदल जाता है। चौड़ाई अधिकतम हो जाती है।

गिरनार पहाड़ी प्रदेश<sup>2</sup>

सामान्य परिचय

गिरनार पहाड़ियाँ गुजरात प्रान्त के काठियावाड़ प्रायद्वीप में जूनागढ़ नगर के पूर्व में  $21^{\circ}30'$  उ० अक्षांश तथा  $70^{\circ}30'$  पू० देशान्तर के बीच स्थित हैं। काठियावाड़ में मिलने वाली चौड़े शिखर वाली ट्रैप पहाड़ियों (Flat topped trap hills) से सर्वथा भिन्न हैं। गिरनार पहाड़ियों के विशिष्ट रूप तथा उनके स्थलरूपों के विकास में वहाँ की भूगर्भिक मरचना ने महत्वपूर्ण योगदान किया है। पहाड़ियाँ प्रायः गोलाकार हैं तथा लगभग 125 वर्ग किमी० के क्षेत्र में फैली हैं।

भूगर्भिक संरचना

गिरनार क्षेत्र की आधारभूत (Basal) चट्टानें प्रायः द्वीपीय भारत की तरह अति प्राचीन हैं जिनके अन्तर्गत

1. Subba Rao, S., 1968 : Physical features of Girnar Hills in Kathiawar, India, in Selected Paper, Vol. I, (Physical Geog.), I. G. U. India 1968, pp. 158-161.

सावा का प्रवेश हुआ है। सावा-प्रवाह दरारी उद्भेदन (Fissure flow) द्वारा हुआ। प्रारम्भ में बेनाम्त का जमाव अग्रिम हुआ परन्तु बाद में सैक्रोसिथ-निर्माण के साथ गैब्रो आग्नेय जेल का प्रवेश भी हुआ। गैब्रो के प्रवेश के कारण स्पान्तरण की क्रियाएँ भी हुईं जिस कारण बेनाम्त में बर्फी का विकास हो गया। गैब्रो के प्रवेश के साथ मौलिक चट्टान में नुनार के कारण फटन (Cracks) तथा दरारें (Fissures) बन गयीं जिनमें सावा के भर जाने से ऑक्सीजन होवेराइट का निर्माण हुआ। सैक्रोसिथ के निर्माण के बाद अल्प प्रधान सावा के प्रवेश के कारण मुद्रिका डाइक (Ring dike) का निर्माण हुआ। आगे चलकर निम्न भागों के ऊपर मागरीय अतिव्रसन के कारण नूनाप्रस्तर का निर्माण हो गया।

### प्रवाह-प्रणाली

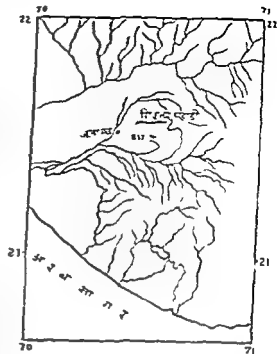
गड्ढाकार पहाड़ियों में चारों ओर अनुवर्ती नदियाँ (Consequent streams) निकलकर टान का अनुसरण करती हैं तथा अरीय (Radial) प्रवाह का रूप धारण करती हैं। इनकी महापक पर्वतों (Subsequent) नदियाँ पहाड़ियों की परिधि बना करती हुई वलयकार प्रवाह प्रणाली (Annular patterns) का सूत्रन करती हैं। इस क्षेत्र की सभी नदियाँ मौसमी हैं अतः कोई भी मरिना समतलवाहिनी (Perennial) नहीं है। मानसून ऋतु में बार-बार महीने तक जब मिलने के कारण इनका जीवन रहता है। जेप समय में ये सूख जाती हैं।

### जलवायु

यहाँ की जलवायु मानसूनी है परन्तु औसत वार्षिक तापक्रम में पर्याप्त परिवर्तन होने रहते हैं। अधिकतम तापक्रम मई महीने में 43° से 48° तक तथा न्यूनतम तापक्रम जनवरी महीने में 12° से 16° तक पहुँच जाता है। वर्षा अरब सागरीय मानसून-साधा के जून या जुलाई में प्रारम्भ होती है तथा अगस्त या सितम्बर के प्रथम पक्षवारी तक समाप्त हो जाती है। औसत वार्षिक वर्षा जलमात्र में 86 से 100 सें.मी. तथा गिरनार पर्वत पर 130 से 150 सें.मी. तक अतिरिक्त होती है।

### सामान्य उद्घाटन

अधिकतर पहाड़ियाँ मोमकार तथा गड्ढाकार निम्न वाली हैं। गिरनार पर्वत की ऊँचाई 1117 मीटर (मागर तल) है जो कि इस क्षेत्र का सर्वोच्च भाग है। गिरनार का पुनरावृत्ति भाग में सर्वोच्च पर्वत होता है। जगता है इन भाग पर इस पहाड़ का



चित्र 377—गिरनार पहाड़ों क्षेत्र।

सामग्र्य गिरनार कहा गया है। इस क्षेत्रीय पर्वत के चारों ओर एक कलाकार कटक (Ridge) फैला है जो कि चार अरीय कटकों (Radial ridges) द्वारा गिरनार पर्वत में जुड़ा है। इन कटकों के मध्य मैदानी का निर्माण हुआ है। नदियों ने गिरनार पहाड़ के बाँट कर छोटे-छोटे गाँव बना डाला है, जिन कारण ऊपर कई चोटियाँ बन गयी हैं, जिनमें प्रमुख हैं—गोरखनाथ (1117 मी.), शतातारी, अम्बादेवी शक्तिशाली टीक (1004 मी.) आदि। गिरनार पर्वत के पश्चिम दिशा में नूनाकार कटक के बाग तथा आन्तरिक किनारे विरल मर्याद वाले हैं। आन्तरिक किनारे घटे हुए जाने हैं जिस कारण एस्करावेमेड का निर्माण हो गया है परन्तु बाह्य किनारे मरुट हो जाने हैं। इनके ऊपर भी कुछ टिग-पुट मिश्र (चोटियाँ) पाए जाते हैं जैसे शतातारी (847 मी.)।

### प्रमुख स्थलाकृतियाँ

नया निर्मित चट्टानों पर भूकृतिय अवस्थान (Sub-aerial erosion) ने कई तरह की स्थलाकृतियों का निर्माण किया है जिनमें निम्न प्रमुख हैं

1. बेनाम्त स्थलाकृति—गिरनार पर्वत के पूर्वी तथा दक्षिण में नूनाकार कटक का निर्माण बेनाम्त आग्नेय

शैल से हुआ है। वास्तव में यह भाग "बकन ट्रेंच" के पश्चिमवर्ती विस्तार को प्रदर्शित करता है। बेसाल्ट पर शक्वाकार पहाड़ियों तथा कटकों का निर्माण अपरदन तथा अपक्षय के कारण हुआ है।

2. लावा मैदान—गिरनार के पूर्व, उत्तर तथा दक्षिण में दूनाकार कटक से घिरा लावा मैदान पाया जाता है। पश्चिम में लावा के ऊपर चूना प्रस्तर का जमाव हो गया है। बेसाल्ट के स्वरित अपक्षय के कारण इस सपाट तथा उमिल पृष्ठ (Undulating Surface) वाले मैदान का निर्माण हुआ है। दूनाकार कटक के आगे भी लावा मैदान का विस्तार पाया जाता है, खास कर इसके (दूनाकार कटक) उ० पू० में सोपानाकार मैदान का अवलोकन किया जा सकता है।

बेसाल्ट सतह में रूपान्तरण के कारण कहीं-कहीं पर बटोरता आ जाने से विरोधक अपक्षय (Differential Weathering) द्वारा छोटी-छोटी पहाड़ियों का निर्माण हुआ है।

3. गैब्रो स्थलाकृति—गैब्रो चट्टान यहाँ पर दो रूपों में पायी जाती है—(i) मोटे कणों वाली (Coarse grained) तथा (ii) मध्यम कणों वाली। मोटे कणों वाली गैब्रो, जिसमें ऑलिविन खनिज वर्तमान है, में अपक्षय के कारण (ऑलिविन भातनी से हटा लिया जाता है) गर्तयुक्त एवं उभरी (Pitted and knobby) सतह का विकास हुआ है। मध्यम कणों वाली गैब्रो प्रदेश में सपाट घवित सतह देखने को मिलती है। गैब्रो के ऊपर जहाँ कहीं भी रूपान्तरित बेसाल्ट का आवरण (Capping) है वहाँ पर टीलों तथा पहाड़ियों का निर्माण हुआ है। यदि यह आवरण न होता तो गैब्रो का रासायनिक अपक्षय द्वारा शीघ्र लीप हो जाता तथा दोन टीलों तथा पहाड़ियों का निर्माण न हो पाता।

4. डायोराइट-मोनोजोनाइट स्थलाकृति—मध्यवर्ती ग्वदाकार पहाड़ी मुख्य रूप से डायोराइट-मोनोजोनाइट यती है। जब डायोराइट-मोनोजोनाइट का प्रवेश हुआ उभार के कारण प्रारम्भिक प्रवाह विघ्नित हो गया अनवरत अनाच्छादन (Denudation) के कारण आवरण के हट जाने से अन्तरतम (Core) का आवरण (Exposed) हो गया। डायोराइट के अपक्षय (foliation) के कारण मध्यवर्ती पहाड़ का गुम्बद-रूप प्राप्त हुआ। आगे अधिक अपक्षय तथा अपरदन

के कारण तब घाटियों के निर्माण होने से विभिन्न चौटियों तथा अरीय (Radial) नदी-घाटियों का निर्माण हुआ।

5. माइक्रोग्रेनाइट स्थलाकृति—अपने कठोरपन तथा अवरोधक स्वभाव के कारण माइक्रोग्रेनाइट ने मुद्रिका डाइक तथा एस्कापेमेंट का निर्माण किया है। इस चट्टान का अपक्षय नगण्य होता है। इसका प्रमुख उदाहरण इस क्षेत्र में मिलने वाले दूमी शैल के बने अशोक सम्राट के गिला-लेख है, जो अब भी पाठ्य है। इनके कठोरपन का प्रमाण इसी बात से चल जाता है कि जहाँ कहीं भी इनका प्रवेश हुआ है, आस-पास की चट्टानें कट गयी हैं तथा ये कटक के रूप में ऊपर निकली हुई दृष्टिगत होती हैं।

6. डोलराइट स्थलाकृति—डोलराइट मुख्य रूप से डाइक के रूप में मिलती है तथा गिरनार पहाड़ी के पूर्व में अरीय रूप में फैली है। इन डाइक ने लम्बे-लम्बे कटकों का मृजन किया है जो मुख्य रूप से सीधे रेखा में पाये जाते हैं परन्तु कुछ कटक टेढ़े-मेढ़े रूप में भी पाये जाते हैं। अपक्षय के लिए वे अवरोधक होते हैं तथा अपरदन एवं प्रवाह के लिए नियन्त्रक कारक होते हैं।

7. चूना प्रस्तर स्थलाकृति—गिरनार पहाड़ी के पश्चिम में लावा जमाव के ऊपर अतिनूतन चूना प्रस्तर का आवरण पाया जाता है। अबतन (Slumping) के कारण चूना प्रस्तर के सतहों (Beds) में 20° से 25° का नमन (Dip) पाया जाता है। घोलिकरण (Solution) के फलस्वरूप छिद-पुद लैपीज (Lapies) का निर्माण हो गया है।

### 5. कुमायूँ हिमालय प्रदेश<sup>1</sup>

#### सामान्य परिचय

प्रस्तुत विवरण कुमायूँ हिमालय के एक भाग से सम्बन्धित है, जो कि 39° 30' उ० से 29° 45' उ० अक्षांश तथा 79° 15' पू० से 79° 45' पू० देशान्तरी के मध्य स्थित है, इस भाग का क्षेत्रफल 900 वर्ग कि० मी० (364 वर्ग मील) है जो उत्तर प्रदेश के अलमोड़ा जिले से अन्तर्गत आता है। इस क्षेत्र में पर्वत-श्रेणियों की दिशा उ० पू० से द० पू० है। रामगंगा क्रम प्रमुख प्रवाह-क्रम है परन्तु इस भाग में पूर्व में सरयू रूप का प्रभाव भी परिलक्षित होता है। दोनों नदियाँ अनुवर्ती

Singh R. L., 1967 : Morphometric analysis of terrain, Bulletin No. 2. NGSI, Varanasi (1947), Originally Presidential address to Geology and Geography Section, 5th Indian Science Congress, Hyderabad, 1967.

(Consequent) है जो ढाल के अनुसार उत्तर में दक्षिण दिशा में प्रवाहित होती है।

#### सामान्य उच्चावच

इस भाग की औसत ऊँचाई 750 से 2250 मीटर (2500' से 7500') के बीच पायी जाती है। सिपाही देवी (7184'), ऐरोदेव (6924'), घनियाघर (6616') आदि प्रमुख चोटियाँ हैं। प्रमुख पर्वत श्रेणियाँ 6000' से अधिक ऊँची हैं परन्तु अपरदित श्रेणियों की ऊँचाई 4000' तक ही पायी जाती है। 4000'-4000' ऊँचाई के अन्तर्गत इस भाग का लगभग 65% भाग आता है।

#### जलवायु

यद्यपि इस भाग की जलवायु निचले मैदानी भाग में मिलने वाली जलवायु के ही समान है तथापि ऊँचाई का प्रभाव तापक्रम तथा वर्षा दोनों पर परिलक्षित होता है। बलभोडा का औसत वार्षिक तापक्रम 55° फा० (15° से० ग्रे०) तथा वर्षा 53'' (135 से०.मी०) है। अधिकतम ग्रीष्मकालीन तापक्रम शायद ही 84° फा० (29° से० ग्रे०) से अधिक हो पाता है। जनवरी में दिन का तापमान 40° से 50° फा० (4.5° से 10° से० ग्रे०) के मध्य रहता है। रातें अत्यधिक सर्द हो जाती हैं तथा कभी-कभी हिम-पात भी हो जाता है परन्तु यह सतह पर कुछ घण्टों में अधिक नहीं टिक पाता है। वर्षा का समय 15 जून से 30 सितम्बर तक रहता है जबकि अप्रैल मई शुष्क होते हैं। दक्षिणी ढालों पर उत्तरी ढालों की अपेक्षा अधिक वर्षा होती है।

#### सापेक्षिक उच्चावच (Relative Relief)

इस भाग में औसत सापेक्षिक उच्चावच 60 मीटर (200') से 570 मीटर (1900') के बीच पायी जाती है। सामान्य रूप में इस प्रदेश को दो उच्चावच भागों में विभक्त किया जा सकता है। विभाजक रेखा सिपाही देवी रानीछेत श्रेणी है। उत्तर का भाग अपेक्षाकृत कम उच्चावच वाला है, जहाँ पर सापेक्षिक उच्चावच 60-300 मीटर (200'-1000') है, जबकि दक्षिण में यह 300-570 मीटर (1000'-1900') है। सर्वाधिक उच्च सापेक्षिक उच्चावच सिपाही देवी के दक्षिणी भाग तथा घनियाघर श्रेणी के पास मिलते हैं।

#### घर्षण सूची (Dissection Index)

कुमायूँ हिमालय प्रदेश अपरदन की तरणावस्था में है क्योंकि अधिकांश भागों में घर्षण सूची 16 से 20% तथा बड़ी-बूढ़ी पर दमने भी अधिक है। अधिक ऊँचाई पर घर्षण की मात्रा कम है। 4000' की ऊँचाई पर

कोसी घाटी में घर्षण सूची 15% से कम है परन्तु उसी ऊँचाई पर गंगाल नदी घाटी में घर्षण सूची 16 से 20% तक पायी जाती है। गंगाल की सहायक घाटियों में घर्षण की मात्रा अधिक है। नौरार घरेरा (गंगाल की सहायक) घाटी में सर्वाधिक घर्षण सूची मिलती है। 4000' से 5000' (1250 म 1500 मीटर) की ऊँचाई के बीच घर्षण सूची न्यूनतम है। कुछ चोटियों के ऊपर निहायत कम घर्षण-सूची देखने को मिलती है।

#### प्रवाह घनत्व (Drainage Density)

प्रवाह घनत्व के अन्तर्गत प्रति इकाई क्षेत्र (प्रतिवर्ग मील या प्रति वर्ग कि० मी०) में सरिताओं की सम्बाई को सम्मिलित किया जाता है। नदियों की संख्या तथा सम्बाई मुख्य रूप से वर्षा की मात्रा पर आधारित होती है। उच्च-पर्वत श्रेणियों (6000') के उत्तरी ढाल दृष्टि छायामें आते हैं, अतः वहाँ पर वर्षा कम होने से निम्न प्रवाह घनत्व का विकास हुआ है। दक्षिणी ढालों पर वर्षा अधिक होने पर उच्च प्रवाह घनत्व का विकास हुआ है। घनियाघर श्रेणी तथा रानीछेत चौदुनिया बटक के उत्तरी ढाल निम्न तथा दक्षिणी ढाल उच्च प्रवाह घनत्व वाले हैं।

#### ढाल

औसत ढाल 8° से 40° के मध्य पाये जाते हैं। पश्चिमार्द्ध भाग में 25°-30° ढाल वाली एक माला पायी जाती है। कुछ नदी-घाटियों तथा गुनोने शिखर-वाली चोटियों के सहारे तीव्र ढालों का विकास होता है, सिपाही देवी, एरा देव बिनसार श्रेण में तीव्र ढाल (30°-40°) पाये जाते हैं। मध्यवर्ती क्षेत्र के दक्षिणी ढाल के सहारे तीव्र ढाल तथा उत्तर की ओर मामूली ढाल मिलते हैं।

#### आकृतिक प्रदेश (Morphological Regions)

सापेक्षिक उच्चावच, प्रवाह घनत्व, घर्षण सूची का निरपेक्ष ऊँचाई के आधार पर कुमायूँ हिमालय प्रदेश को निम्न आकृतिक प्रदेशों में बाँटा जा सकता है (प्रो० राम लोचन सिंह, 1967)।

#### प्रथम श्रेणी द्वितीय श्रेणी

##### 1. हिमालय घाटिया

- (i) कोसी-न्यून घाटी
- (ii) गंगाल घाटी

##### 2. हिमालय की विभाजक श्रेणियाँ

- (iii) कोसी-गंगाल-विभाजक
- (iv) कोसी-गुआन विभाजक
- (v) कोसी-नयू विभाजक

कोसी-मुआल तथा गंगास रामगंगा की सहायक नदियाँ हैं। कोसी घाटी में घर्पण भूचा 60% है। मुआल घाटी का 90% भाग 60 से ऊपर घर्पण सूची वाला है। कोसी घाटी का प्रवाह-गठन सूक्ष्म है जबकि मुआल का स्थूल है। गंगास घाटी कोसी घाटी की अपेक्षा अधिक ऊँचाई पर है। इनमें सापेक्षिक उच्चावच उच्च, घर्पण सूची मध्यम तथा प्रवाह-गठन सूक्ष्म (fine) है। विभाजक श्रेणियों के अन्तर्गत कोसी-गंगास विभाजक, कोसी-मुआल विभाजक तथा कोसी-सरयू विभाजक को सम्मिलित किया जाता है। प्रायः सभी विभाजक श्रेणियों पर संगत सिखर-तल (Accordant summit levels) पाये जाते हैं। इनमें ढाल तीव्र तथा प्रवाह-गठन सूक्ष्म है।

### आकृति विकास (Morphogenetic Evolution)

प्रारम्भ में तीन समान्तर श्रेणियाँ ऐरा-देव-विस्तार-श्रेणी, सिवाही देवी-रानीखेत श्रेणी, तथा धनियाघर श्रेणी का विकास हुआ। इन पर दो अनुवर्ती नदियों—पश्चिम में रामगंगा तथा पूर्व में सरयू—का आविर्भाव हुआ। जिन्होंने इन श्रेणियों को काट कर अपना मार्ग बनाया आगे चलकर रामगंगा की दो परवर्ती (Subsequent) सहायक—गंगास तथा कोसी एवं सरयू की परवर्ती सहायक कलगाव एवं कोसी का निर्माण हुआ।

द्वितीय अवस्था में इस क्षेत्र में दो भ्रजन का निर्माण हुआ, जिस कारण कोसी तथा कान्दीगाव नदियों के मार्ग में परिवर्तन हो गया। इन भ्रजनों का निर्माण सम्भवतः शिवालिक उद्भवन के साथ हुआ होगा। अभी तक इस क्षेत्र में प्रथम अपरदन चक्र पूर्ण नहीं हो पाया है। नदियाँ अब भी निम्नवर्ती अपरदन में व्यस्त हैं। तब घाटियाँ तथा गार्ज पाये जाते हैं। परन्तु बीच-बीच में बाढ़ मैदान का भी निर्माण हुआ है।

### 6 रांची पठार

(सविन्द्र सिंह, 1978)

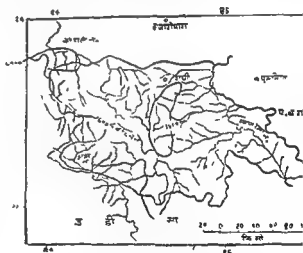
### सामान्य परिचय

रांची पठार मुख्य रूप से बिहार प्रान्त के रांची जिले में व्याप्त है जिसका अक्षांशीय तथा देशान्त्रीय विस्तार क्रमशः 22° 21' उ० से 23° 43' उ० एवं 84° 00' से 85° 54' पूर्व तक है। इसके दक्षिण में उड़ीसा राज्य का गगपुर जिला, पश्चिम में मध्य प्रदेश राज्य के जशपुर तथा मरमुजा जिले, उत्तर में बिहार राज्य के पलामू तथा हजारीबाग जिले, पूर्व में मानभूमि एवं द० पूर्व में मिहभूमि जिले आते हैं। पठार चारों ओर से खड़े

एस्कापमेंट द्वारा घिरा है। वास्तव में रांची पठार, छोटा-नागपुर पठार का दक्षिणी भाग है। गंगाक्रम तथा प्राय-द्वीपीय भारत के प्रवाह-क्रमों को अलग करने वाले विस्तृत जल विभाजक (पश्चिम-पूर्व का पूर्वी भाग ही रांची है। इस पठार में उत्तरी कोयल तथा दामोदर की सहायक (दाहिने किनारे) नदियाँ निकल कर उत्तर की ओर प्रवाहित होती हैं। दक्षिण की ओर प्रवाहित होने वाली सरिताएँ राख तथा दक्षिण कोयल हैं। पश्चिम की ओर पठार की ऊँचाई गने-रने ही नहीं बढ़ती है अपितु सोपानाकार रूप में घटती है। उत्तर में उच्च तीव्र ढाल वाला एस्कापमेंट मिलता है जो कि एक दीवाल सदृश दीखता है। दक्षिण तथा पूर्व में ढाल क्रमशः गिरता जाता है।

### सामान्य उच्चावच

पश्चिमी सीमान्त भाग में औसत ऊँचाई 3500 फीट पायी जाती है। अन्य भागों में औसत ऊँचाई



चित्र 378—रांची पठार।

1000' है। मध्यवर्ती भाग में ऊँचाई 2250 फीट है। इस तरह पश्चिमी एस्कापमेंट मध्यवर्ती भाग के साथ एक उच्च कगार के रूप में दृष्टिगत होती है। पठार की सामान्य सतह मन्द ढाल वाली तथा तरणित (Undulating) है। ब्राह्म भाग में अर्धार्ध सीमान्त क्षेत्रों में खड़े कगार मिलते हैं। इन एस्कापमेंट से स्पर लम्बे कटक के रूप में बाहर की ओर निकलते हैं। ये स्पर नदी-घाटियों द्वारा अलग किये जाते हैं तथा पर्वत जैसे दृष्टिगत होते हैं। पठार के ऊपर अनेक छोटे-छोटे टेबुललेण्ड पाये

जाते हैं जो गहरे गार्ज द्वारा एक दूसरे से अलग किए जाते हैं। पर्वत-शिखर चौड़ी सतह वाली तथा तीव्र ढाल युक्त हैं परन्तु नदियों की अनुदैर्घ्य परिच्छेदिकाएँ (Longitudinal Profile) मन्द ढाल इंगित करती हैं। इस तरह समस्त उच्चावच राची पठार को एक प्रौढ़ क्षितिज पठार की श्रेणी में रखते हैं। जैसे ही नदियाँ सीमान्त भागों में एस्कायमेंट से नीचे उतरती हैं, ढाल में अचानक तीव्रता आती है तथा गहरे गार्ज तथा जन प्रवाहों का निर्माण हो गया है। प्रमुख प्रवाहों में शिव पर सखनीयाय प्रपात (200'), केरळप्राय प्रपात, उ० कोयल की महायक नदी पर जालिमयाय तथा हिन्दोय प्रपात (120' एवं 150'), स्वर्णरेखा पर हृष्टक प्रपात (253'), ओहना एवं कांची नदियों के क्रम में सौतम धारा तथा दासमयाय प्रपात आदि क्वालि प्राप्त हैं।

### भूगर्भिक संरचना

राची पठार मूलतः के प्राचीनतम दृढ़ भूखण्ड (Rigid mass) की प्रदर्शित करता है जिसमें विश्व की प्राचीनतम चट्टानें पायी जाती हैं। आधारभूत चट्टानें आर्यन तथा आर्कियन समूहों की हैं जिनके ऊपर दक्कन ट्रैप का आवरण पाया जाता है। राची पठार पर कीट-गियम युग के बाद जमाव नहीं पाया जाता है। आर्कियन समूह में सेनाइट-नीस जमाव तथा धारवार क्रम प्रमुख हैं। राची पठार में धारवार सेनाइट-नीस के ऊपर है या नीचे? इसे लेकर दो मत हैं—प्रथम मत के अनुसार सेनाइट तथा नीस चट्टानें आधारभूत चट्टानें हैं जिनके ऊपर धारवार अवसाद का निक्षेपण हुआ है, द्वितीय मत के अनुसार धारवार आधारभूत चट्टानें हैं तथा सेनाइट एवं नीस का उसने ऊपर प्रवेश (Intrusion) हुआ है। इसके दो प्रमाण दिए जा सकते हैं—(i) आर्कियन पर्वतीकरण का प्रभाव धारवार क्रम की चट्टानों पर अत्यधिक है जबकि सेनाइट तथा नीस चट्टानें इसमें अप्रभावित हैं (ii) सेनाइट तथा नीस धारवार से नये जमाव हैं। मध्यम धारवार क्रम में दक्कन ट्रैप का प्रवेश हुआ है। सेनाइट तथा नीस एवं धारवार के ऊपर मोहवासा जमाव पाये जाते हैं, जिनका निक्षेपण ऊपरी बाबांनिकरम से जुरैमिक युगो तक होता रहा। कीटसियम युग में आग्नेय क्रिया (Igneous activity) के कारण सेनाइट की एक मोटी परत का जमाव हो गया, जिसे दक्कन ट्रैप (Deccan trap) कहा जाता है। यद्यपि दक्कन ट्रैप का पूर्वी विस्तार अमर-कण्टक तक ही निश्चित रूप से पाया जाता है परन्तु राची पठार के पश्चिमी भाग में भी इसका आवरण

मिलता है। अधिकांश क्षेत्रों में सेनाइट-नीस आधारभूत शैल के ऊपर सेनाइट आवरण ही मिलता है। सबसे ऊपरी भाग में जलोढ़ जमाव मिलता है।

### जलवायु

राची पठार की जलवायु उष्ण कटिबन्धीय (मान-सूनी तुल्य) प्रकार की है। ग्रीष्मकाल अत्यन्त गर्म होता है। अर्थात्, मई तथा जून में तापक्रम 100° फा० में ऊपर रहता है। मानसून के आगमन के साथ तापक्रम में कुछ गिरावट तथा आर्द्रता में वृद्धि होने लगती है। शरद-काल में तापक्रम कम हो जाता है। जनवरी, फरवरी तथा मार्च महीनों में स्थानिक मासिक तापक्रम क्रमशः 43.9°, 46.4°, 54.7° फा० रहता है। मई तथा जनवरी मास में तापान्तर क्रमशः 38.8° फा० तथा 57° फा० तक पहुँच जाता है। औसत वार्षिक वर्षा 37.6" होती है। अत्यधिक वर्षा जून में मितम्बर तक (47") होती है। सोहारदरगा राची सिल्ली, पालकोट, बानो, तमार कुरदेग गुमना चैतपुर तथा मुण्टी की औसत वार्षिक वर्षाक्रमशः 47.15, 58.11, 51.55, 61.7, 45.07, 40.26, 66.10, 52.51, 60.60, तथा 50.30 इंच है। उच्च तापमान तथा वर्षा द्वारा अपक्षय तथा अपरदन क्षम प्रक्रम अनाच्छादन में मज्जित रहे हैं। राची पठार के उत्तरी-पूर्वी तथा दक्षिणी एस्कायमेंट वाले भाग में विस्तृत अक्षय रेखा है। पश्चिमी उच्च भाग पर अपक्षय का कारण मेघा तथा बुढ़ी का निर्माण हुआ है जिनके ढाल दीर्घाव तक समान रहे हैं। मध्यवर्ती भाग पर दार उच्चभाग तथा मेघ के आकार वाले शिखर युक्त पठारों (पाट) का निर्माण अपक्षय के ही कारण हो पाया है।

### प्रवाह प्रणाली

मध्यवर्ती राची पठार से नदियाँ निकलकर प्रायः हर दिशा की ओर प्रवाहित होती हैं, अतः केन्द्र स्थायी वा जरीय (Centrifugal or radial) प्रवाह प्रणाली का विकास हुआ है। सीमान्त भागों में समानान्तर, वाद-पाकार तथा जालीनुमा प्रवाह-प्रणालियाँ का शृंजन हुआ है। प्रमुख नदियाँ स्वर्णरेखा, उत्तरी कोयल, दक्षिणी कोयल, शिव, कांची, जारो आदि हैं। मध्यवर्ती पठार तथा पश्चिमी उच्च भाग की नुनना में सीमान्त भागों में सूक्ष्म प्रवाह-जाल (Fine) पाया जाता है।

### उच्चावच तथा अनाच्छादन कालक्रम

राची पठार एक प्रौढ़ क्षितिज पठार है जिस पर 15 अप-उन्नत-उन्नत-उन्नत के चिह्न हैं। क्रिम प्रमाणित

होता है कि इस भाग में कई अपरदन-चक्र पूर्ण हो चुके हैं। अनवरत अपक्षय तथा अपरदन के कारण एस्कापमेंट, स्पर, रकब (Shoulder), मेसा, बुटी, सपाट एवं चौड़े शिखर वाली चोटियाँ, अभिनतीय घाटियाँ (Anticlinal valleys), अभिनतीय कटक (Synclinal ridges), टॉर्स (Tors) आदि विशेष प्रकार के स्थलरूप पाये जाते हैं। जहाँ पर नदियाँ पठार के सीमान्त भाग से नीचे उतरती हैं वहाँ पर प्रपात बनाती हैं। प्रमुख प्रपात निम्न हैं—

प्रपात	नदी	ऊँचाई
1. छुण्डर प्रपात	स्वर्णरेखा	246'
2. गीतम धारा (जोहना प्रपात)	जोहना (स्वर्णरेखा को सहायक)	85'
3. डलामघाघ प्रपात	कांची (स्वर्णरेखा को सहायक)	150'
4. हिरनी प्रपात	हिरनी (कारो को सहा०)	200'
5. केरुआमाघ प्रपात	कारो (इ० कोयल को सहा०)	60'
6. धनगड प्रपात	धनगड (बामोडर को सहा०)	70'

रांची पठार की वर्तमान स्थलाकृति, संरचना, प्रक्रम एवं अवस्था का प्रतिफल है। प्रक्रम में जलोप प्रक्रम का हाथ सबसे अधिक रहा है। धारदार पर्वतीकरण से लेकर शरशायरी पर्वतीकरण के बीच एक लम्बे समय तक रांची का पठार स्थिर अवस्था (Stand still) में रहा है। जिस कारण प्रथम अपरदन चक्र के पूर्ण होने के लिये पर्याप्त समय मुलभ था। परिणामस्वरूप प्रथम अपरदन सतह एवं समप्राय मैदान (Peneplain) का निर्माण हुआ। जिसके उदाहरण आज भी देखे जा सकते हैं। शरशायरी एवं क्वाटरनरी युगों में उत्थान की क्रियाओं के कारण रांची पठार में कई बार उत्थान हुये। परिणाम-स्वरूप नदियों में नवोन्मेष हो जाने से कई तरह के स्थलाकृतियों का विकास हुआ। नूतन भू-हलचल के कारण नदियों में नवोन्मेष के कारण तरणावस्था की स्थलाकृतियाँ खामकर पठार के सीमान्त भागों में देखने को मिलती हैं। इसके प्रमुख प्रमाण नदियों की लग एवं सफरी घाटियों द्वारा मिलते हैं। इन घाटियों के ऊपरी भाग में प्रौढरूप (Mature form) तथा निचले भाग में तरुण रूप की स्थिति में स्थलाकृति विषय विन्यास 'Topographic Discordance' का आभास मिलता है। अधिकांश नदियों के ऊपरी भाग में प्रौढ घाटियाँ तथा निचले भाग में तरुण घाटियाँ मिलती हैं। बड़ी नदियाँ जैसे कि स्वर्णरेखा, दक्षिणी कोयल, कारो इत्यादि विसर्प (Meanders) बनाकर बाड़ मैदानों में होकर प्रवाहित होती हैं

तथा इनकी अनुप्रस्थ परिच्छेदिकायें (Cross Profiles) अन्तिम प्रौढावस्था से जीर्ण अवस्थाओं को इंगित करती हैं। पहाड़ी क्षेत्रों में नदियाँ अग्रः कतित विसर्पों (Incised meander) से होकर प्रवाहित होती हैं। इस तरह के विसर्प प्रायः हर नदियों के मार्ग में पठार के सीमान्त क्षेत्रों में मिलते हैं। नदियों के किनारे पर ढलुवा सतह के ऊपर असह्य टॉर्स (Tors) तथा छोटी-छोटी पहाड़ियाँ एवं टीले दृष्टिगत होते हैं जो प्रारम्भिक अपरदन सतह के चोतक हैं। नदियों के किनारे पर सोपानाकार वेदिकामें पायी जाती हैं जो कि विभिन्न उत्यानों की प्रमाणित करती हैं। जैसे-जैसे मध्यवर्ती पठार से सीमान्त भागों की ओर (उत्तर, दक्षिण या पूर्व) अग्रसर होते हैं उच्चावच में वृद्धि एवं एस्कापमेंट के दर्शन होते हैं। विस्तृत नदी-घाटियाँ सुनिश्चित स्पर द्वारा अलग होती हैं। जैसे ही ये नदियाँ एस्कापमेंट के नीचे उतरती हैं, जलप्रपातों का निर्माण करती हैं। ये जल प्रपात भी उत्थान को इंगित करते हैं। ये प्रपात धीरे-धीरे पीछे की ओर हट रहे हैं। अनेक स्थानों पर उच्चावच प्रतिनिध (Inversion of relief) के उदाहरण मिलते हैं जहाँ पर अभिनतीय घाटियाँ एवं अभिनतीय कटक देखने को मिलते हैं। वास्तव में अभिनतियों में डालमाट्रैफ का जमाव हुआ। आगे चलकर अभिनतियों का अपरदन हो गया जिस कारण अभिनतियों में स्थित डालमाट्रैफ अपरदन के लिये अवरोधक होने के कारण कटक के रूप में बच रहे। इस तरह की स्थिति रांची पठार के दक्षिणी ढाल पर पायी जाती है।

रांची पठार के पश्चिमी उच्च भाग की प्रौढ स्थलाकृतियों के मध्य तरुण स्थलाकृतियाँ पायी जाती हैं जिससे उत्थान एवं नदियों में नवोन्मेष की झलक मिलती है। इस भाग में दो तरह की नदियाँ देखने को मिलती हैं। 1. वे छोटी-छोटी सरितायें (Rivulets) जो कि मेसा एस्कापमेंट के सहारे प्रवाहित होती हैं। इनकी घाटियाँ पूर्ण स्थापित नहीं हैं परन्तु ये अत्यन्त वेग से प्रवाहित होकर तीव्र अपरदन में सलग्न हैं। ये नदियाँ निश्चय ही तरुण हैं। 2. वे प्रमुख एवं उनकी सहायक नदियाँ जैसे शब, उत्तरी कोयल, सेन नदी, बासा नदी, सफी नदी, कोठारी नदी, बन्दी कोयल, फूलशर नदी, जोरी नदी, चौपट नदी, बला नदी, जो पूर्ण स्थापित घाटियों से होकर प्रवाहित होती हैं तथा मेसा के शीर्ष के ऊपर से होकर अपना मार्ग बनाती हैं।

रांची पठार की अपरदन सतह तथा अनाच्छादन कालक्रम का उल्लेख अध्याय 16 में किया गया है (चित्र 192)।

# व्यावहारिक भू-आकारिकी

(Applied Geomorphology)

## सामान्य परिचय

प्रत्येक विज्ञान के अध्ययन के दो पहलू हुआ करते हैं—कृमिक एवं सैद्धान्तिक पहलू (Systematic and theoretical aspect) और व्यावहारिक पहलू। विज्ञान या विषय विशेष की उपादेयता इसी बात में है कि उसके कृमिक ज्ञान तथा सिद्धान्तों का मानव-जीवन में कलदायी प्रयोग हो। इस दृष्टिकोण से यदि भू-आकारिकी का अवलोकन किया जाय तो पिछले पृष्ठों में उल्लिखित विवरणों तथा सिद्धान्तों के प्रयोग से मनुष्य की कई समस्याओं का समाधान हो सकता है। अब तक भू-आकारिकी के सम्बन्धित सिद्धान्तों को केवल पुरतक के पृष्ठों तक ही सीमित रखने का प्रचलन था क्योंकि उनके प्रायोगिक महत्त्व की ओर ध्यान कम दिया गया था।

परन्तु अब भू-आकारिकी के विभिन्न विषयों में विषय अध्ययन के कारण भू-आकारिकी से सम्बन्धित अन्य विद्वानों तथा विषयों की समस्याओं के समाधान में भी भू-आकारिकी के सिद्धान्तों का प्रयोग प्रारम्भ हो गया है। स्थलरूपों के अध्ययन के समय भू-वैज्ञानिक संरचना (Geologic structure) तथा स्तर-शैल विज्ञान (Stratigraphy) का अध्ययन किया जाता है। साथ ही साथ क्षेत्र विशेष के अनावृष्टावन-कालक्रम (Denudation Chronology) के अध्ययन के समय भूगर्भिक गतिविधियों (Geological events) से सम्बन्धित किया गया अध्ययन छविज सम्पदा के निर्धारण तथा विदोहन में पर्याप्त सहायता प्रदान कर सकता है। यदि व्यावहारिक भू-आकारिकी के ऐतिहासिक पक्ष की ओर ध्यान दिया जाय तो समुक्त राज्य अमेरिका में उन्नीसवीं सदी के प्रारम्भ में ही भू-आकारिकी की ओर लोगों का ध्यान आकृष्ट हो गया था। वाबेल (जे० डब्ल्यू० वाबेल) तथा गिलबर्ट (जी० के० गिलबर्ट) आदि की समुक्त राज्य अमेरिका के पश्चिमी भाग के सर्वेक्षण का कार्य-भार सोपा मचा था। सोपाय का विषय है कि आज भी प्रसिद्ध अमेरिकी भू-आकृति विज्ञानवेत्ता स्ट्रानर (ए० एन० स्ट्रानर) की सेवाय अमेरिकी जल मेना द्वारा अमेरिका के तटीय सर्वेक्षण एवं अन्य महत्वपूर्ण कार्यों के सम्पादन में सी

जा रही है। आकारमिति (Morphometry) के प्रयोग से अब भू-आकारिकी में और अधिक ज्ञान आ गई है तथा मानव एवं उच्चावच के अन्तर्सम्बन्धों का विधिवत विवरण मिलने लगा है। संक्षेप में भू-आकारिकी का प्रयोग प्रादेशिक नियोजन एवं विकास (Regional planning and development) राजनैतिक सीमाओं का निर्धारण, बाँधों के निर्माण तथा बाढ़-नियन्त्रण, छविज पदार्थों के निर्धारण तथा विदोहन, हवाई अड्डे का निर्धारण, संयंत्र विभाग, जलविज्ञान आदि में किया जा सकता है।

## प्रादेशिक नियोजन में भू-आकारिकी का प्रयोग (Application of Geomorphology in Regional Planning)

प्रादेशिक नियोजन इस समय प्रत्येक विकासशील राष्ट्र की प्रमुख समस्या है। नियोजन (Planning) के लिए प्रदेश (Region) का चयन किस आधार पर होना चाहिए? नियोजकों के सामने यह जटिल प्रश्न है। अब तक राजनैतिक इकाइयों को प्रादेशिक नियोजन के लिए आधार माना जाता रहा है परन्तु 1933 में समुक्त राज्य अमेरिका में प्रादेशिक नियोजन तथा विकास के लिए टेनेसी घाटी परियोजना (Tennessee Valley Authority) के कार्यान्वयन में गतिक भू-आकारिकी की ओर नियोजकों का ध्यान आकर्षित हुआ है और प्रादेशिक नियोजन के लिए आदर्श इकाई के रूप में नदी की प्रवाह बेसिन (Drainage basin) का चयन किया जा सकता है और किया भी जा रहा है। समुक्त राज्य में टेनेसी घाटी परियोजना की सफलता के बाद मिसौरी घाटी परियोजना तथा भारत में बामोहर घाटी परियोजना आदि का कार्यान्वयन इस बात के प्रमाण हैं। वास्तव में प्रवाह बेसिन एक भू-आकारिक इकाई (Geomorphic unit) की प्रतिष्ठा है। यह इकाई मानव जमीन-प्रयत्न तथा मानव व प्राकृतिक सम्बन्ध होता है। स्वाभाविक सम्पत्तियों के कारण उस क्षेत्र में समरथाय भी समान होती है। उदाहरण लिए पम्पस प्रवाह-बेसिन में बीट्टों (Ravines) के निर्माण तथा पम्पस की भयानक बाढ़



के कारण अनेक ऐसे सामाजिक दुर्गुण (Social evils) उत्पन्न हो गये हैं कि वे राष्ट्र के लिए हितरहित बन गये हैं। बीहड़ के कारण अधिकांश क्षेत्र कृषि के लिए अनुपयुक्त हो गये हैं। वर्षा-काल में बाढ़ के कारण कृषि तो नष्ट होती ही है, बीमारियों का प्रकोप भी बढ़ जाता है। इस तरह भरण-पोषण के लिए आवश्यक सामग्री न मिल पाने के कारण अधिकांश लोग चोरी तथा डकैती जैसे जघन्य अपराधों के लिए बाध्य हो जाते हैं। प्रकृति द्वारा निर्मित बीहड़ उनको छिपने के लिये आश्रय देते हैं। अब यदि बीहड़ निर्माण सम्बन्धी प्रक्रियाओं की सम्यक जानकारी प्राप्त करके उनकी रोक-थाम तथा विनाश के लिये प्रयास किये जा सकते हैं तथा सनस्त घाटी-क्षेत्र का विधिवत विकास किया जा सकता है।

उत्तरी भारत की गंगा, यमुना, सोमती घाघरा, कोसी आदि नदियों में तोड़ तथा व्यापक बाढ़ के कारण सड़क (hazards) तथा पर्यावरण भ्रंश (environmental degradation) होती जा रही है। प्रवाह-वेग के जलीय अध्ययन (hydrological study) द्वारा (प्रवाह-वेग जलीय चक्र-चूड़ 137-139, बाढ़ी जन, भूमिगत जल आदि) क्षेत्र विशेष के जल सहायन का विधिवत विवरण प्राप्त हो जाता है जिससे प्रादेशिक नियोजन में सहायता मिलती है।

### भू-आकारिकी का इंजीनियरी परियोजनाओं में प्रयोग (Application of Geomorphology to Engineering Projects)

राष्ट्रीय विकास के लिए कई प्रकार की परियोजनाएँ कार्यरत की जाती हैं, जैसे सड़क-निर्माण, बाँध-निर्माण, हवाई-अड्डे का निर्माण आदि। इन परियोजनाओं में अन्य कारकों (आर्थिक, राजनैतिक, तकनीकी, के अलावा स्थलाकृति की विशेषताएँ तथा भू-वैज्ञानिक संरचना आदि की जानकारी अत्यवश्यक होती है, और यह जानकारी निम्नलिखित ही भू-आकारिकी से अधिक मिलती है।

#### 1. सड़क-निर्माण

सड़क-निर्माण तथा स्थलाकृति में सीधा सम्बन्ध होता है। विश्व के विभिन्न भागों तथा राष्ट्रों में विभिन्न प्रकार की स्थलाकृतियाँ पायी जाती हैं तथा ये कई प्रकार की समस्याएँ उत्पन्न करती हैं। अतः सड़क-निर्माण के समय धरातल की भूगर्भीय संरचना (चट्टान की प्रकृति), चट्टान का स्वरूप, अश्मविज्ञान (Lithology) तथा स्तर शैल विज्ञान (Stratigraphy) की जानकारी

अति आवश्यक होती है। उस स्थलाकृति के भू-आकृतिक इतिहास (Geomorphic history) तथा धरातलीय सतह के नीचे चट्टान के स्वरूप (चट्टान की रूपांतरता—porosity, भेद्यता permeability, संधि joints, शक्ति strength, सम्पीडनात्मकता-compressibility) आदि जानकारी आवश्यक होती है, और यह जानकारी भू-आकृति विज्ञान से मिलती है।

(i) सड़क-निर्माण में परिहिमानी क्षेत्रों (Periglacial regions) में परमाफास्ट की स्थिति अत्यधिक खतरनाक होती है। धरातल के नीचे का भाग सतत जमी अवस्था में होता है तथा ऊपर वनस्पतियों का आवरण होने से ऊपरी भाग ठोस अवस्था में रहता है। परन्तु जैसे ही वनस्पति हट जाती है, धरातल सूर्योप के लिये खुल जाता है, सतह के नीचे परमाफास्ट (Permafrost) के ऊपर स्थित सक्रिय सतह (Active Layer) पिघल जाती है, जिस कारण धरातलीय सतह नीचे ढवल (collapse) हो जाती है और थर्मोकार्स्ट झील (Thermokarst lakes) आदि का निर्माण हो जाता है और उस क्षेत्र में बनायी गई सड़क तथा रेल लाइन का पता ही नहीं चल पाता है। इस तरह की समस्या सबसे पहले उस समय आयी जब साइबेरिया में ट्रांस साइबेरियन रेल लाइन बिछायी जा रही थी। जंगलों को साफ करके पहले तो पटरियाँ बिछा दी गई परन्तु बाद में सक्रिय-सतह के पिघल जाने के कारण पटरियाँ नीचे धँस गईं। अभियन्ता-समाज को यह एक जादू का करिश्मा नजर आया परन्तु निम्नलिखित भाग का विधिवत अध्ययन किया गया तो बात स्पष्ट हुई। सभी से तो विलंबत रुक से ध्यावहारिक भू-आकारिकी का महत्त्व बढ़ गया। परिहिमानी भू-आकारिकी (Periglacial geomorphology) नामक शाखा का विकास किया गया और अब तो परिहिमानी वातावरण तथा स्थलाकृति में अध्ययन के लिए ज्योक्रायोलॉजी (Geocryology) नामक अलग विज्ञान का विकास कर लिया गया है। कनाडा में भी परिहिमानी प्रक्रमों तथा स्थलरूपों का बड़े पैमाने पर अध्ययन किया जा रहा है। अब जहाँ पर सड़क निर्माण करना होता है, रेल-पट्टी बिछानी होती है या वस्तुएँ बसानी हाती हैं, वहाँ पर पहले क्षेत्र को वनस्पति विहीन करके लम्बे समय तक परीक्षण के लिए छोड़ दिया जाता है और बोरिंग द्वारा परमाफास्ट की वास्तविक जानकारी प्राप्त की जाती है।

(ii) चूना-प्रस्तर प्रदेश (Limestone region) भी मडक आदि के निर्माण के लिए समस्या होती है। ऐसे क्षेत्रों में भू-आकृति विज्ञान विभागों की सहायता ली जा सकती है, जिनके पास भूमिगत-प्रवाह, कार्टें स्थलाकृति आदि की विषय जानकारी होती है। चूना-प्रस्तर वाली सतह के नीचे कई कन्दराये होती हैं। यदि इन क्षेत्रों में सड़कें बनायी जाती हैं या रेल की पटरियाँ बिछायी जाती हैं तो जब कन्दरा की छत ध्वस्त होती है तो मडक आदि नष्ट हो जाती है। इसी तरह सिक, छिद्र, धँसती निवेशिकाएँ (Sinking creeks), अंधी घाटियाँ (Blind Valleys) आदि मडक निर्माण के लिये हानिकारक होती हैं। सड़क बनाने के पहले इनकी विधिवत जानकारी शामिल कर लेनी चाहिए। इस दिशा में उस क्षेत्र के आकारजनक मानचित्र (Morphological maps) का प्रयोग मडक-निर्माण में अभियन्ताओं की विशेष सहायता कर सकता है।

(iii) हिमानीकृत (Glaciated) प्रदेश सड़क-निर्माण में कम बाधक नहीं होते हैं। हिमानीकृत क्षेत्र में कई तरह के हिमोढ़ ढूँढ़क (Morainic ridges—अन्तिम हिमोढ़), एस्कर, ड्युमिन, केटिल, भेड पीठ शैल (Rochmouttonee) आदि पाये जाते हैं, जिनसे होकर मडक बनाने के लिए अधिक कठिनाई करनी होती है। पुन इस कार्य-क्षेत्र उम प्रदेश का आकार जनक मानचित्र (Morphological maps) अधिक उपयोगी सिद्ध हो सकता है। टिल मैदान (Till plain), जो प्रायः चौरम हुआ करता है, से होकर सड़क-निर्माण अधिक सुविधाजनक होता है।

(iv) स्तर शैल विज्ञान (Stratigraphy) की विषय जानकारी मडक-निर्माण के लिए परमावश्यक होती है। कई क्षेत्रों में धरातल व नीचे प्रारम्भिक शीलों जो कि अब लचीले पदार्थों में घन गयी हैं, पायी जाती हैं। इन क्षेत्रों में मडक निर्माण करने पर बाद में सड़क के घसक जाने का डर रहता है। ऐसे स्थानों से होकर सड़कें नहीं बनानी चाहिए। यदि वहाँ पर सड़क बनाना जरूरी हो तो मडक व नीचे शीलकृत जमाव (Lacustrine deposits) का हटाकर भारी पदार्थ भरकर उसे मजबूत कर देना चाहिए। यह जानकारी भू-आकारिकी से प्राप्त की जा सकती है।

(v) उच्च पहाड़ी क्षेत्रों में मडक-निर्माण और अधिक धतलाक तथा गम्भीर होता है। यदि ऐसे कार्य के लिए

भू-आकारिकी के जानकारी की महत्ता की जाय तो समझा हो सकता है क्योंकि उनको यह ज्ञात होता है कि कहाँ पर ढाल का स्वभाव कैसा है तथा भूमिस्खलन (Landslide), पकवाह (Mudflow) भूमिवाह (Earth flow) आदि की सम्भावनाएँ क्या हैं।

## 2 बांध निर्माण

दम्भीनीयगी तकनीकी के अलावा भूगर्भशास्त्र तथा भू-आकारिकी से बांध-निर्माण का निवट का सम्बन्ध है। अधिक तथा राजनैतिक कार्यों के अलावा बांध-निर्माण के लिए कई प्रकार के उत्तरदायी होते हैं—(i) नदी की अनुप्रस्थ पाटी का रूप, (ii) नदी की अनुदैर्घ्य पाटी (Longitudinal Valley) की प्रकृति, (iii) नदी का प्रवणता-ढाल, (iv) नदी-पाटी की चट्टानों की मापेक्ष कठोरता (v) नदी में जल की मात्रा, आपतन तथा वेग, (vi) बांध के ऊपर जल-अवाह क्षेत्र (Catchment area) तथा बाहरी जल (Run off) की मात्रा (vii) जलागार (Reservoir) वाले स्थान पर चट्टान की प्रवेश्यता तथा पारगम्यता, (viii) नदी में तलछट की मात्रा तथा उसकी गति, (ix) जल का विभर्जन (Discharge) आदि। इन कार्यों की सम्यक जानकारी प्रवाह-बेसिन (Drainage basin) के आकारमिति (Morphometric) अध्ययन से प्राप्त हो जाती है।

प्रवाह-बेसिन के जलीय आकारमिति (Fluvial morphometry) के अध्ययन के समय नदियों के श्रेणीकरण (Ordering) के समय जब विभिन्न नदी शाखाओं के आँदरे निश्चित हो जाते हैं तो यह अच्छी तरह ज्ञात हो जाता है कि किस स्थान पर कितनी सरिताएँ मिलती हैं, उनका प्रवाह-क्षेत्र कितना है, वे कितना जल प्रति सेकण्ड वितरित करती हैं आदि। इस तरह के अध्ययन से नदी के किसी स्थान बिन्दु पर जल की मात्रा आपतन, वेग (नासेक प्रति सेकण्ड), अवसाद (Sediments) की मात्रा तथा गति का पता लग जाता है। अब बांध का क्षेत्र ऐसा होना चाहिए जहाँ पर (i) नदी की पाटी अत्यन्त गंभीर हो ताकि बांध की सम्बाँध कम हो (ii) चट्टानें कड़ी हो (iii) बांध-क्षेत्र में नदी के उपरी भाग का जलवाह क्षेत्र (Catchment area) विस्तृत हो ताकि बाहरी जल की अधिकता में अधिक जल मिल सके (iv) जल के साथ अवसाद कम हो जिससे कलागार भरने में देर न पड़े, (v) जलागार की तली अपारगम्य हो ताकि जल रिसकर नीचे न आ सके। जहाँ पर परगन पारगम्य

होता है वहाँ पर जलाधार की तली सीमेंट तथा कांक्रिट से बनानी पड़ती है।

### 3. हवाई अड्डे का निर्माण

हवाई अड्डे के निर्माण के समय अभियन्ताओं की भू-आकृति विज्ञान वेसाओ से पर्याप्त सहयोग मिल सकता है क्योंकि यह कार्य पूर्ण रूप से स्थलाकृति के स्वभाव पर आधारित होता है। हवाई अड्डे के निर्माण के लिए आवश्यक होती है—(i) विस्तृत सपाट मैदान की, जिस पर चारों ओर हवाई पट्टी (Runway) का निर्माण हो सके, (ii) प्रवाह दशाएँ, (iii) ढाल का प्रतिरूप, (iv) नदी का स्वभाव, बाढ़ से मुक्तता, (v) कुहरे का अभाव तथा (vi) जल की आपूर्ति। उस क्षेत्र के आकार-रूप मानचित्र (Morphological maps) से धरातल के गुणों की सम्यक जानकारी मिल सकती है और अभियन्ता हवाई अड्डे के निर्माण के लिए आदर्श क्षेत्र चुन सकता है। नीचे दशाएँ गूँई सरिताएँ विभिन्न प्रकार की स्थलाकृतियों पर हवाई अड्डे के निर्माण सम्बन्धी सुझाव प्रस्तुत करती हैं।

जलविज्ञान में भू-आकारिकी का प्रयोग

(Application of Geomorphology to Hydrology)

मानव-जीवन में उपयोग माने जाने वाले जल-संस्कार मरिजाजल, मील, जलस्रोत, जल-संचालन आदि के जल की प्राप्ति, उपयोग तथा गुण के सम्बन्ध में स्थलाकृति के अध्ययन का अच्छा आता प्रयोग किया जा सकता है क्योंकि जल की मात्रा, उसकी प्राप्यता तथा विदोहन का सम्बन्ध स्थलाकृति के स्वभाव से होता है।

(i) चूना प्रस्तर क्षेत्र में जल तथा चट्टान की प्रकृति के बीच प्रत्यक्ष सम्बन्ध होता है। चूनाप्रस्तर सरंध (Porous) तथा प्रवेश्य (Permeable) होता है। यह

प्रवेश्यता दो रूपों में विकसित होती है—प्रारम्भिक प्रवेश्यता चूना प्रस्तर के निर्माण के समय उत्पन्न संधियों तथा छिद्रों के कारण हो जाती है जबकि द्वितीय (Secondary) प्रवेश्यता पटलविरूपणी (Diastrophic) घटनाओं तथा घोलोकरण के कारण विकसित हो जाती है। चूना प्रस्तर क्षेत्र में अपरदन-चक्र की प्रारम्भिक अवस्था में सतह पर बाहरी जल (Run off) की मात्रा अधिक होती है तथा धरातलीय सरिताएँ (Surface streams) पर्याप्त होती हैं परन्तु चक्र के आगे बढ़ने के साथ ही घोलोकरण (Solution) की क्रिया के कारण धरातलीय सतह पर घोलपटल (Solution Pits), सिक होव, स्वालोहोल आदि के निमित्त हो जाने से बाहरी जल जगहों से होकर नीचे चला जाता है तथा धरातलीय सरिताएँ अदृश्य होती हैं। ऐसी स्थिति में धरातल पर जल की आपूर्ति घट जाती है। परिणामस्वरूप जल की प्राप्ति के लिए कार्ट्स जलस्रोतों (Karst Springs) पर आश्रित होना पड़ता है। इन जलस्रोतों का जल लाभकर तथा हानिकर दोनों हो सकता है। इसका सही पता तभी चल सकता है, जबकि वहाँ की स्थलाकृति की सम्यक जानकारी हो।

वर्षा के समय धरातल पर जल गदला हो जाता है तथा उसमें अनेक अस्वास्थ्यकर तत्व मिल जाते हैं। जब यह जल धोल छिद्र से होकर नीचे जाता है और यदि जल का छनना (Filtering) नहीं हो पाता है तो यही गदा जल, जिसमें बैक्टीरिया आदि के कारण दूषणता (Contamination) आ जाती है, जल स्रोत के रूप में ऊपर आ जाता है। ऐसे जल का प्रयोग नहीं करना चाहिए। इनका पता लगाना आसान है। जल स्रोत के पास जिस धोल छिद्र से जल रिस कर नीचे जाने की

(i)	(ii)	(iii)	(iv)	(v)	(vi)
स्थलाकृतिक प्रकार	हवाई-पट्टी	ढाल की सम्बद्धता	प्रवाह दशा	बाढ़ तथा कुहरे की सम्भावना	जल-आपूर्ति
1. टिल मैदान	लम्बी हवाई पट्टी सम्भव	सरल	अल्पव्यवस्थित अपवाह क्रम	कोई समस्या नहीं	पर्याप्त जल
2. बाढ़ मैदान	हवाई पट्टी मैदान की चौड़ाई पर आधारित	मरल	समस्या	भयंकर बाढ़ का खतरा, कुहरे की सम्भावना	पर्याप्त
3. कार्ट्स मैदान	लम्बी हवाई-पट्टी सम्भव	कठिन	समस्या	कोई खास समस्या नहीं	जल का अभाव
4. शीतलकृत मैदान	आदर्श दशा	सरल	समस्या	कोई खास समस्या नहीं	समस्या
अपक्षेप मैदान	आदर्श दशा	सरल	आदर्श	कोई समस्या नहीं	पर्याप्त प्रति

सम्भावना होती है, उसमें कोई रंग छोट डेटे हैं, यदि वही रंग जलस्रोत से होकर बाहर निकलता है तो उस जलस्रोत के उद्गम का निर्धारण हो जाता है।

चूनाप्रस्तर क्षेत्र में कुआँ खोदते समय भ्वाकृतिक सिद्धान्तों की सहायता ली जा सकती है। जहाँ पर चूना प्रस्तर में प्रवेश्यता पर्याप्त हो और चूनाप्रस्तर के ऊपर बालुका प्रस्तर (Sand stones) की स्थिति हो तो जल प्रचुर मात्रा में तो मिलेगा ही, माफ ही बालुकाप्रस्तर से छन जाने के कारण दूषित नहीं हो पायेगा। द० प० बिहार के रोहतास पठार पर ऐसी स्थिति पायी जाती है।

(ii) हिमानीकृत क्षेत्रों में जल की स्थिति तथा सम्भाव्यता की जानकारी में वहाँ की स्थलाकृति का इतिहास तथा विभिन्न प्रकार के हिमानी जमावों तथा स्थलाकृतियों के अध्ययन से पर्याप्त सहायता मिल सकती है। अवशेष मैदान (Outwash plains), घाटी ट्रेन (Valley trains) तथा अन्तरदिस बजरी (Intertill gravels) प्रभृति जमावों में पर्याप्त भूमिगत जल समाहित रहता है। शुद्ध टिल में जल का संचय कम हो पाता है क्योंकि टिलयुक्त जलधरा (Aquifer) आदर्श नहीं होता है। धरातलीय सतह के नीचे दबो परिहिमानी एवं अन्तरहिमानी (Preglacial and interglacial) घाटियाँ भूमिगत जल के विस्तृत भंडार हुआ करती हैं। इनकी जानकारी तभी मिल सकती है जब कि उस स्थान का भ्वाकृतिक इतिहास मुलभ हो। मध्य उत्तरी समुक्त राज्य अमेरिका में इस तरह की कई स्थितियाँ प्राप्त की गई हैं। जर्मनी में भी इस सम्बन्ध में खोज की गई है। दबी घाटियों का पता उस स्थान की आधारशील (Bed-rock) की स्थलाकृति का मानचित्र तैयार कर के किया जाता है। दबी घाटी में जल की मात्रा मुख्य रूप से उसमें निक्षेपित अवसादों (Sediments) पर निर्भर करती है। यदि जमाव टिल, मृत्तिका (Clay), सिल्ट आदि का होता है तो जल की मात्रा कम होती है। इन घाटियों में जल के निर्धारण के लिए हिमानी प्रवाह की दिशा तथा हिमानी अवशेष की दिशा का गहरी जानकारी आवश्यक होता है।

खनिज ससाधनों के निर्धारण एवं विवेहन में

भू-आकारिकी का प्रयोग

खनन भू विज्ञान (Mining Geology) के क्षेत्र में भ्वाकृतिक स्थलाकृतियों एवं भ्वाकृतिक इतिहास का महत्व किसी से छिपा नहीं है। यद्यपि कुछ भू-विज्ञान-विदों में भू-आकारिकी के प्रयोग को नकारने का अवसर

प्राप्त भी किया है। खनिज पदार्थों का भू-वैज्ञानिक ऋचना (Geologic structure) से सीधा सम्बन्ध होता है। इस ऋचना की जानकारी उस क्षेत्र की स्थलाकृतियों की विशेषताओं से हासिल की जा सकती है। कुछ खनिज पदार्थों की तो कुछ विशिष्ट स्थलाकृतियों में स्पष्ट झलक मिलती है। क्षेत्र विषय के अनाच्छादन क्रान्ति (Denudation chronology) से उस क्षेत्र के स्थलाकृतिक विवास तथा उन तमाम जनजातों, परिवर्तनों तथा दशाओं का ज्ञान हो जाता है जिनके अन्तर्गत खनिज पदार्थों का निर्माण सम्भव होता है।

(i) कुछ खनिज-पदार्थों का निर्धारण उनकी विशिष्ट अभिव्यक्ति के आधार पर की जा सकती है क्योंकि ये कुछ निदिष्ट रूपों में ही मिलते हैं। उदाहरण के लिए धरातलीय शिराओं (Veins) में स्थित स्फटिक खनिज (Quartz) धरातल पर कटक (Ridge) के रूप में दृष्टिगत होता है क्योंकि दो शिराओं के बीच स्थित क्षेत्र का अपरदन हो जाने से बिबर (Clefts) या नाले (Arroyos) बन जाते हैं। इसी तरह शीशा-जस्ता युक्त शिरायें भी कटक के रूप में सामान्य सतह से उठी दिखाई पड़ती हैं। इसके विपरीत कुछ खनिज पदार्थ भूतत्वात्मक स्थलाकृतियों (गर्त, बेसिन आदि) के रूप में भी मिलते हैं। रासायनिक अपक्षय के समय खनिजों के आक्सीकरण (Oxidation) के फलस्वरूप उनके आकार में तिवृद्धन होने से उनके ऊपर स्थित जमाव में नीचे की ओर घसकन (Subsidence) हो जाती है जबकि अगल-बगल वाला भाग जहाँ पर खनिज अनुपस्थित होने से स्थिर रहता है। इस अभिव्यक्ति द्वारा खनिजों का निर्धारण आसानी से किया जा सकता है।

(ii) अपक्षय (Weathering) तथा खनिजों का क्षीण गहरा सम्बन्ध देखा गया है क्योंकि खनिज अपक्षय के अवशेष हुआ करते हैं तथा ये खनिज पदार्थ प्राग्भ्रंश अपरदन-सतह के ऊपर पाये जाते हैं। इस तरह अपरदन-चक्र के ज्ञान में खनिजों की खोज तथा निर्धारण में पर्याप्त सहायता मिलती है। कुछ लोह धातु मृत्तिका खनिज कैचिने वाक्साइट, मैंगनीज तथा ताम्र धातुएँ अपक्षय के अवशेष के रूप में मिलती हैं। अपरदन-चक्र की दशा तथा प्राग्भ्रंश प्रोडक्चर्स में खनिज पदार्थों का एक स्थान में दूसरे स्थान पर स्थानान्तरण तथा गणनीकरण होता रहता है परन्तु अन्तिम अवस्था में वे अवशेष (Residues) के रूप में बच रहते हैं तथा अवशेष या प्राचीन अपरदन-पट्ट (Erosion surface) के ऊपर

अपने स्थान पर ही मिलते हैं। समुद्र राज्य अमेरिका के अरकन्सास प्रान्त में इयोसीन अपरदन-सतह पर नेपलीन साइनाइट के अपक्षय से उत्पन्न बाक्ससाइट का जमाव पाया गया है। चट्टानों के अपक्षय से निमित्त खनिजों पर जलवायु का प्रभाव भी देखा गया है। शीतोष्ण जलवायु में आग्नेय शैल के अपक्षय से उत्पन्न अवशेष मृत्तिका खनिज के रूप में होता है, जबकि बाक्ससाइट का निर्माण उष्ण कटिबंधीय जलवायु के अन्तर्गत होता है। 1910 में हैरिसन ने बताया कि सेंटराइट तथा मृत्तिका दोनों का निर्माण उष्ण कटिबंधीय जलवायु के अन्तर्गत होता है। पश्चिमी द्वीप समूह में अलुमिना युक्त सेंटराइट का निर्माण चूनाप्रस्तर तथा डोलोमाइट में स्थित अलुमिना के अपक्षय में एकत्रीकरण से हुआ माना गया है तथा यह धातु प्लायोसीन सतह के ऊपर पायी जाती है। इसी तरह वाक्साइट का विस्तृत जमाव ह्वरी में निचली क्रीटेशियस सतह के ऊपर ट्रायासिक युग के डोलोमाइट के अलुमिना के एकत्रीकरण के फलस्वरूप हुआ है। इस तरह उपर्युक्त सिद्धान्तों का प्रयोग बाक्ससाइट की खोज में किया जा सकता है।

(iii) प्लेसर निक्षेप (Placer deposits) के निर्धारण में भ्वाकृतिक सिद्धान्त अधिक सहायक होते हैं। प्लेसर भारी धातुओं के मिले-जुले जमाव को कहते हैं जो कि रासायनिक अपक्षय तथा अपरदन के कारण प्राप्त पदार्थों के सामूहिक रूप में एकत्रित होने से बन जाता है। प्लेसर जमाव में बहुमूल्य धातुएँ जैसे सोना, हीरा, चांदी आदि प्राप्त होती हैं। अब तक 9 प्रकार के प्लेसर निक्षेप का पता लगाया जा सका है—(i) अवशिष्ट प्लेसर, (ii) जलोढ़ प्लेसर, (iii) पवन कृत प्लेसर (iv) बाजाडा प्लेसर (v) पुत्तिन (Beach) (vi) हिमानी प्लेसर (vii) तिरोहित प्लेसर, तथा (viii) प्राचीन प्लेसर। अवशिष्ट प्लेसर का निर्माण अपक्षय द्वारा चट्टान के स्थान पर ही हो जाता है। यह अधिक महत्वपूर्ण नहीं होता है। जब अपक्षय-अवशिष्ट ढाल व सहारे सरक कर जमा हो जाते हैं तो उसे कोलूवियस प्लेसर कहते हैं। इस तरह प्लेसर जमाव में कैनिफोनिया, न्यूजीलैण्ड, अस्ट्रेलिया आदि में सोना पाया जाता है। जब अपक्षय तथा अपरदन-अवशेष जल के सहयोग से जमा कर दिए जाते हैं तो उन्हें जलोढ़ (Alluvial) प्लेसर कहते हैं। हम, कोलम्बिया आदि में विश्व का अधिकांश प्लेटिनम जलोढ़ प्लेसर में पाया जाता है। जलोढ़ प्लेसर में सोना, टिन, हीरा आदि भी

पाये जाते हैं। आस्ट्रेलिया तथा मक्सिको में पवनकृत प्लेसर से पर्याप्त सोना प्राप्त होता है। बाजाडा प्लेसर का जमाव पर्वतों के निचले ढाल के आधार के पास पाया जाता है। पुत्तिन प्लेसर में कई तरह के खनिज पाये जाते हैं—कैनिफोनिया तथा अनाम्बा में सोना, द० अफीका में हीरा, भारत, ब्राजील तथा आस्ट्रेलिया में जिरकन आदि। पहले के निमित्त प्लेसर अब ऊपरी सतह के निक्षेप पाये जाते हैं। अपरदन तथा निक्षेप सम्बन्धी सिद्धान्तों की जानकारी का आधार पर बहुमूल्य खनिजों का पता लगाया जा सकता है।

(iv) खनिज तेल की खोज में भ्वाकृतिक सिद्धान्तों का प्रयोग होता है। खनिज तेल मुख्य रूप से तराश तथा पारगम्य (Porous and permeable) शैलों में पाया जाता है। इसके लिए बालुका प्रस्तर तथा चूना प्रस्तर अधिक जादवां होते हैं। खनिज तेल की उत्पत्ति से सम्बन्धित दो सिद्धान्त प्रचलित हैं—कार्बनिक तथा अकार्बनिक। इनमें से कार्बनिक सिद्धान्त के अनुसार खनिज तेल का निर्माण जैविक पदार्थों के सड़न-गलन से होता है। खनिज तेल को मचिन करने के लिए दो तरह की ट्रैप चट्टानें चाहिए—1 सरचनात्मक ट्रैप तथा 2 स्तराकार ट्रैप (Stratigraphic trap)। वलन के कारण परतदार चट्टानें अपवर्तित तथा अभिवर्तित में बदल जाती हैं। परिणामस्वरूप पारगम्य तथा अपारगम्य चट्टानें मिल जाती हैं और तेल का बिसकना रुक जाता है। अधिकांश तेल अपवर्तित के सहारे पाया जाता है। तेल पट्टी के नीचे अपारगम्य तथा ऊपर पारगम्य शैल होती है। इस सरचना में जब तेल के कुएँ खोदे जाते हैं तो द्रव स्थैतिक दाब (Hydrostatic pressure) के कारण तेल स्वतः ऊपर प्रगट हो जाता है। मध्यपूर्व (Middle East) तथा संयुक्त राज्य के अल्बेर्गियन क्षेत्र में अधिकांश तेल इस तरह अपवर्तित के सहारे सरचनात्मक ट्रैप में पाया जाता है। गुम्बद के सहारे भी तेल मिलता है। यह जानकारी भ्वाकृतिक सिद्धान्त के अध्ययन से मिल जाती है।

कोयले की खोज में भी भू-आकारिकी में सहायता मिल सकती है। कोयले का निर्माण दलदली भागों में वनस्पतियों के दहन का दाब व कारण रूप परिवर्तन होने में होता है। कोयला प्रायः परतों (Coal seams) के रूप में पाया जाता है। जेम्स हटन के एकहफ्ता दाब तथा वर्तमान भूत की कुञ्जी है आदि सिद्धान्तों के आधार पर कोयला निर्माण की प्रक्रिया की जानकारी के आधार पर नये कोयला क्षेत्रों की खोज की जा सकती है।